



ЦИФРОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО

сегодня и завтра российской промышленности

БЕСПЛАТНОЕ ИЗДАНИЕ

ДЕКАБРЬ 2021

В ЭТОМ ВЫПУСКЕ

- LEAN SMART PLANT 6
- 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ 30
- MR И VR В ПРОЕКТИРОВАНИИ 67
- ЦИФРОВАЯ ФАБРИКА И ЦИФРОВОЙ РАБОЧИЙ 73

МНЕНИЯ ЭКСПЕРТОВ ОТРАСЛИ

темы: цифровые двойники, «умная фабрика», 3D-моделирование, виртуальная и дополненная реальность, Lean Smart Plant, «цифровой рабочий», «умные каски», цифровизация в ТОиР

опыт компаний: ОДК, Газпром нефть, Hyundai, КАДФЕМ Си-Ай-Эс, Металлоинвест, Топ Софт, Sciener, HEINEKEN, Росатом, Сибур, ТГК-1, ЭХЗ, Уралмашзавод, Евроцемент групп, Сахалин Энерджи, Теплоэнерго



УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ

Подписка-2022 **УЖЕ ОТКРЫТА!**

Кейсы повышения производительности
от ведущих предприятий России и мира

Реальные примеры решения ваших задач на производстве: проекты оптимизации процессов, чек-листы, шаблоны, интервью, опросы

Темы Альманаха «Управление производством»:



Гибкое производство:
как выстроить
эффективные
процессы



Внутренний и внешний
аудит: как оценить
свое производство



От оптимизации к
LEAN-культуре: кейсы
российских компаний



Производительность
труда: как найти точки
роста



Эффективное
производство:
качество, процесс,
стандарт



Слагаемые качества:
ключевые шаги и
подходы

Подробнее о журнале:

- Издается в электронной форме.
- Распространяется только по подписке.
- Полностью подготовлен к печати.
- Периодичность — **6 номеров в год.**
- Стоимость подписки на 2022 год — **19 500 руб.** НДС не облагается.

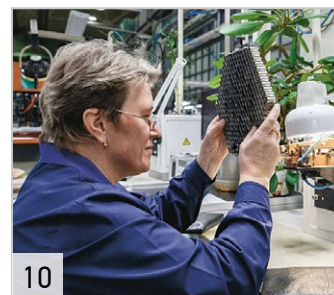
На страницах нашего Альманаха Вы сможете найти ответы на свои вопросы, обогатить свои знания и обрести новые идеи.

Вы можете оформить подписку, отправив заявку в редакцию Делового портала «Управление производством» на e-mail sale@up-pro.ru или на сайте www.up-pro.ru

Содержание

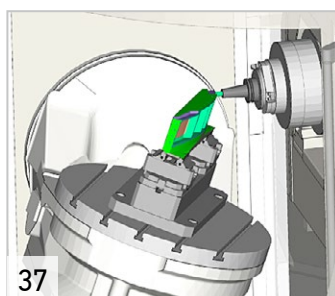
5 Индустрия 4.0: организация производства

От ПСР к Lean Smart Plant: цифровизация как новый уровень управления процессами.....	6
«Работа над ошибками» цифровой трансформации производства: рекомендации практика	12
Индустрия 4.0 в решении управленческих задач.....	17



29 Цифровые двойники и 3D-моделирование

Цифровые двойники: прошлое, настоящее и будущее	30
Имитационное моделирование производственных систем: как УИМ ОДК сокращает затраты на производство.....	36
ОКБ Сухого: суперкомпьютер на службе авиастроения.....	40



46 Управление жизненным циклом

Жизнь производственного актива: как ее продлить с минимальными затратами	47
Цифровизация в ТОиР: сокращаем время, расходы и производственные риски	54



66 Виртуальная и дополненная реальность

Новая реальность: MR и VR в проектировании, ремонте, обучении	67
«Цифровой рабочий»: как обеспечить безопасность на производстве	73



Этот Альманах или любая его часть не может распространяться без письменного разрешения Делового портала «Управление производством» либо тиражироваться любыми способами. Запрещено передавать выпуск третьим лицам. Организации, купившие или получившие этот номер от Делового портала «Управление производством», несут ответственность за его нераспространение.

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 получена из открытых источников либо предоставлена упомянутыми компаниями.

Приветственное слово

Мы живем в самое увлекательное и динамичное время в истории. Четвертая промышленная революция разворачивается на наших глазах, подталкивает к переосмыслению принципов организации производства, уровня проникновения технологий в нашу жизнь и самой концепции взаимодействия «человек-машина».

Роботы заменяют человека на трудоемких и вредных производствах, виртуальная реальность становится «площадкой» для обучения персонала, машины учатся «общаться» друг с другом, самостоятельно регулируя свою работу и принимая решения на основе разработанных алгоритмов. Разработка новых продуктов, которая раньше обходилась в миллионы долларов и месяцы потерянного времени, сегодня ускоренно ведется при помощи 3D-моделирования — с гораздо меньшими затратами. Как не отстать в этой гонке, когда темпы развития технологий в современном мире так высоки и продолжают ускоряться?

Деловой портал «Управление производством» не остается в стороне этого процесса. Мы представляем вниманию читателей четвертый специальный выпуск альманаха «Цифровое производство: сегодня и завтра российской промышленности», призванный осветить ту трансформацию, которую переживают предприятия с переходом к Индустрии 4.0. Их число постоянно растет, и на страницах номера мы познакомим вас с их успехами в области виртуальной и дополненной реальности, мониторинга оборудования, создания цифровых двойников и «умных фабрик», использования цифровых технологий для управления процессами, качеством, жизненным циклом активов.

Эксперты убеждены в высоком потенциале России в области цифровизации производств, способности находить свои решения. Залог успеха — в открытости мировому и отечественному опыту, готовности адаптировать и внедрять разработки передовых компаний и делиться собственными.

Мы надеемся, что примеры тех, кто уже успешно применяет цифровые технологии на собственном производстве, станут вам поддержкой, и выражаем благодарность компаниям Sciener (Консист Бизнес Групп), «КАДФЕМ Си-Ай-Эс» и «Топ Софт», при поддержке которых спецвыпуск альманаха «Цифровое производство: сегодня и завтра российской промышленности» стал возможен.



Сергей Жишкевич, главный редактор
Делового портала «Управление
производством»

ИНДУСТРИЯ 4.0: ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

В экономике XXI века цифровые технологии играют все большую роль. Они не просто обновляют инструментарий управления, контроля, планирования производства. Новые разработки объединяются в глобальные системы и становятся движущей силой технологического переворота, который изменит облик современной промышленности, предъявит новые требования ко всем без исключения участникам производственной цепочки, и ни одна экономика с выходом на глобальный рынок не останется в стороне. Для производителей это означает, что в ближайшем будущем те из них, кто не освоит новые технологии, окажется на обочине этого глобального процесса.

На страницах альманаха мы осветим основные тенденции цифровой промышленной революции, типичные ошибки, которые могут подстергать тех, кто пытается перепрыгнуть из Индустрии 3.0 в Индустрию 4.0, а также на примере российских предприятий разберем возможности применения цифровых технологий для повышения качества управления ресурсами, процессами, информацией, персоналом.



От ПСР к Lean Smart Plant: цифровизация как новый уровень управления процессами



Стратегия развития Производственной системы Росатома (ПСР) была сформулирована более семи лет назад. Основанная на четырехступенчатой модели — от неразвитой ПС до статуса ПСР-лидера, она стимулировала непрерывную работу предприятий по повышению операционной эффективности, устранению потерь, организации производства. Но времена меняются, и перед производителями встают новые вызовы. Так, в апреле 2021 года на Управляющем совете ПСР были утверждены требования к новому уровню развития производственной системы — Lean Smart Plant, или Цифровое ПСР-предприятие, объединяющее в себе инструменты ПСР и технологии «Индустрии 4.0». Что стоит за этим понятием и как цифровизация помогает оптимизации процессов?

Текст: Светлана Зайцева. Фото: Участок повышения эффективности деятельности (Территория кайдзен) на ЧМЗ

Ступени бережливости

Базовая модель развития бережливых предприятий в Росатоме была сформирована еще в 2015 году, когда началось системное развертывание Производственной системы Росатома (ПСР). Тогда же был разработан классификатор — модель из четырех ступеней. На первой находятся предприятия с неразвитой производственной системой, на второй — достигшие ПСР-минимума и зачисленные в резерв. Системно выполняя требования базового уровня, можно перейти на третью ступень и стать ПСР-кандидатом. На четвертой ступени — лидеры ПСР. Основные критерии статуса: выполнение бизнес-показателей по снижению затрат, запасам и производительности труда, создание ПСР-образцов на уровне лучших мировых практик в области организации производства, реализация проекта по внедрению ПСР как минимум у одного поставщика и т.д.

Сотрудники предприятий-лидеров пользуются определенными привилегиями, например ездят на российские и зарубежные заводы для обмена опытом, получают сертификаты на обучение в Академии Росатома. Статус лидера предприятие получает на год, затем его нужно подтвердить. Так обеспечивается непрерывное поступательное развитие.

В 2017 году ПСР-лидеры стали создавать ПСР-образцы в производстве на уровне лучших мировых практик — эталонные потоки и участки, где могут обучаться сотрудники других предприятий. В течение четырех лет было создано более 100 ПСР-образцов в 19 типах производственных процессов, и возник резонный вопрос: а что дальше?

«Мы задумались: а куда наши лидеры должны двигаться дальше? — вспоминает директор проекта проектного офиса по программе развития

производственных систем в отрасли Антон Широких. — Лучший способ сделать оптимизированные процессы еще эффективнее — цифровизация. Так появился новый уровень — Lean Smart Plant».

Lean Smart Plant, умное бережливое предприятие, объединяет инструменты ПСР и технологии Индустрии 4.0. Общее направление развития Lean Smart Plant офис ПСР с департаментом информационных технологий и департаментом цифровой трансформации сформулировали в 2019 году. Все процессы, которые планируется оптимизировать при помощи «цифры», разделили на четыре волны. В первую вошли самые важные для производства: производственное планирование и контроль, конструкторско-технологическая подготовка производства, контроль качества и управление лабораторными работами, техническое обслуживание и ремонт оборудования, материально-техническое обеспечение. «Результатом бережливой цифровизации должно стать сокращение времени протекания процессов и оборачиваемости запасов, повышение выхода годной продукции, производительности труда и эффективности использования оборудования. Выход предприятий на уровень Lean Smart Plant — задача ближайших двух лет», — объясняет Антон Широких.

Предприятие может достигнуть статуса цифрового ПСР-образца путем прохождения трех больших этапов: оптимизация процессов, затем их автоматизация и, наконец, глубокая цифровизация — внедрение таких технологий, как цифровой двойник, искусственный интеллект, интернет вещей, суперкомпьютерный инжиниринг, бионический (генеративный) дизайн и пр. Конечная цель Lean Smart Plant — создание конкурентоспособного на мировом рынке предприятия.



Антон Широких, директор проекта проектного офиса по программе развития производственных систем в отрасли.
Фото: АО «ПСР»

«Под Lean Smart Plant мы понимаем предприятие, которое должно обеспечивать задачу по созданию продукции максимально быстро и при этом с минимальными затратами. Нам предстоит проделать огромную работу по разным направлениям — ПСР, цифровизация, стандартизация, методология в области управления производством. И все это должно быть синхронизировано на уровне отдельных цехов, участков, предприятий, — подчеркивает директор по ИТ «Росатома» Евгений Абакумов, — И сейчас, на самом старте, особенно важно разработать форматы взаимодействия и убедиться, что мы одинаково видим конечную цель и участие в процессе каждого вовлеченного подразделения».

Один из первых результатов работы по направлению Lean Smart Plant — оценка уровня зрелости процессов и информационных систем на промышленных предприятиях атомной отрасли. Оценка позволила увидеть актуальное положение дел в организациях и определить, где и какие проекты нужно инициировать: ПСР-проект — если необходима оптимизация процессов, ИТ-проект — если доработки требует информационная система, цифровой ПСР-образец — если обследование показало высокий уровень зрелости ПСР и ИТ.

Вначале улучшениями в рамках Lean Smart Plant в Росатоме занялись Машиностроительный завод, Чепецкий механический завод, Ковровский механический завод, ОКБМ им. Африкантова, Центральное конструкторское бюро машиностроения и «ЗиО-Подольск». Были сформулированы критерии оценки зрелости процессов, над которыми предприятия планировали работать. Считается, что цифровизировать можно только те процессы, зрелость которых превышает 80 %, то есть они уже оптимизированы и интегрированы в процессную модель.

В ОКБМ — это оптимизация конструкторско-технологической подготовки производства сложных изделий, в том числе изготавливаемых с применением оборудования с ЧПУ. За счет предварительного 3D-моделирования обработки изделий полный цикл изготовления должен сократиться на треть.

Второй пример — обслуживание и ремонт оборудования на ЧМЗ: выстраивание тянущей системы от ремонта оборудования к кладовым ЗИП, планирование работ, анализ и повышение коэффициента эксплуатационной готовности. В совокупности это повышает эффективность использования оборудования.

Третий пример — производственное планирование и контроль на «ЗиО-Подольске». Предприятие многономенклатурное, производит оборудование для АЭС, ТЭЦ, мусороперерабатывающих заводов, судостроителей и других заказчиков. Разнообразная продукция изготавливается на одних и тех же переделах. Важно качественное планирование, чтобы не было перепроизводства комплектующих, а несрочная работа не делалась в ущерб безотлагательной. С цифровым планированием можно будет понять,

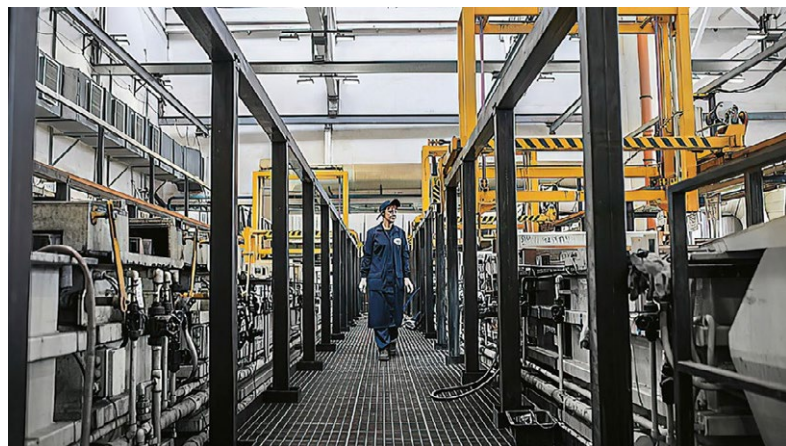


Фото: АО «ПСР»

какие комплектующие, в какой момент и в какой последовательности нужно изготовить, чтобы загрузить мощности производством деталей, необходимых сборочному производству.

С 2021 года предприятия приступили к оцифровке процессов, в первую очередь к доработке информационных систем.

«В ходе производственного планирования важно иметь возможность моделировать сценарии выполнения производственной программы на основании фактов, собранных в режиме онлайн. В части конструкторско-технологической подготовки производства важным является моделирование технологического процесса до начала отработки технологии на опытных изделиях. Нужно обеспечить связь информационных систем и материальных потоков через считыватели штрихкодов и QR-кодов, машинное зрение. Производство должно получать обратную связь через информационные табло, инфокиоски и планшеты», — перечисляет Антон Широких. По итогам работы будет принято решение, какие процессы второй волны и на каких предприятиях запускать.

Lean Smart Plant: примеры успешного внедрения

В АО «ОКБМ Африкантов» создание двух ПСР-образцов, соответствующих критериям Lean Smart Plant, было завершено в 2020 году. Ими стали материально-техническое обеспечение (МТО) и конструкторско-технологическая подготовка производства (КТПП). Оптимизацией этих важнейших процессов на предприятии занимаются более 10 лет, успешно применяя в них информационные технологии и отдельные инструменты цифровизации.

Что было достигнуто? Разработка конструкторской документации осуществляется в формате 3D, обеспечивая возможность использования создаваемых 3D-моделей на всех этапах жизненного цикла изделий. В рамках КТПП согласование конструкторской и технологической документации происходит исключительно в электронном виде, участники процесса работают с электронными подлинниками

технологической документации, пилотные участки производственных подразделений перешли на безбумажную технологию работы. В цехах установлены информационные киоски, которые позволяют рабочим и мастерам получать доступ к конструкторской и технологической документации, включая 3D-модели изделий и 3D-технологические процессы. Это не только сокращает время протекания процесса, но и обеспечивает высокое качество изготавливаемой продукции, а также повышает прозрачность выполняемых операций. При этом все участники процесса, начиная от конструктора и заканчивая службой снабжения, работают в едином информационном пространстве.

«В рамках усовершенствования процесса МТО мы обеспечили формирование и отслеживание в электронном виде графика обеспечения производства материалами, синхронизированного с графиком запуска изделий в производство, — рассказывает заместитель гендиректора по операционной эффективности АО «ОКБМ Африкантов» Илья Нетронин. — Важное достижение — использование системы, которая называется «светофор». В атомной отрасли зачастую используются особые материалы, которые поставщики не всегда могут поставить точно вовремя. Поэтому конструктор, выбирая материал для своего изделия, видит базу доступных материалов в режиме «светофора» — напротив каждого стоит специальная цветная метка. Если она зеленого цвета, то материал можно заказать без проблем, а значит — сократить цикл подготовки производства. Желтый цвет означает, что вероятны проблемы с заказом такого материала — например, долгий цикл изготовления поставщиком. Красный цвет сигнализирует о том, что материал купить практически невозможно и его следует выбирать только в том случае, если нет альтернативы».

В ОКБМ активно используется система штрихкодирования, чтобы быстро идентифицировать материалы и выполняемые операции — вначале на складе,

а потом на производстве. Штрихкод позволяет кладовщику получить всю необходимую информацию: что это за материал, по каким документам и под какой заказ он поступил, сколько его в наличии и в резерве.

Результаты внедрения системы штрихкодирования и организация складирования в заготовительном цехе:

- процесс получения ТМЦ ускорен с 27 дней до 10 дней;
- на 40 % увеличена скорость передачи заготовок без увеличения численности;
- оформление документов ускорено на 50 %;
- цифровой учёт металлопроката;
- цифровизировано получение ТМЦ со склада, перемещение в производстве и согласование документов;
- разработан и внедрен электронный механизм подписания накладных электронной подписью;
- актуальная информация в режиме online, возможность оставить комментарии.

Важнейший эффект работы созданных образцов — сокращение времени протекания процесса. Например, время разработки технологической документации на перегрузочную машину сократилось на 28 %, время от подачи заявок на перемещение с центрального склада в производство до ее выполнения сократилось на 12 %, время согласования различной документации при подготовке производства сократилось в 2–3 раза. Кроме того, были в 4 раза снижены складские запасы, на 35 % сокращен объем НЗП и на 45 % сокращено время протекания процессов.

Цели 2020 года по развитию образцов МТО и КТПП были достигнуты, но работа в этих направлениях продолжается. Должен появиться новый образец Lean Smart Plant для процесса «Техническое обслуживание и ремонт оборудования», что позволит сократить время простоя производственного оборудования.

«Один из ключевых факторов достижения стратегических бизнес-целей предприятия на горизонте до 2030 года — цифровизация ключевых процессов. Мы уже начали тестировать и использовать новые цифровые технологии и инструменты. Например, применяем элементы машинного зрения при входном контроле приобретаемых материалов, используем программных роботов при проведении закупочных процедур и в работе с поставщиками, расширяем использование аддитивных технологий в производственных процессах, работаем с поставщиками решений в области дополненной и виртуальной реальности. Бояться того, что цифровые инструменты отберут всю работу у человека, не стоит. Ведь даже искусственный интеллект необходимо будет обучать, и здесь у наших инженеров, конструкторов, технологов и рабочих останется обширное поле деятельности. Просто их работа станет более творческой и экспертной», — уверен Илья Нетронин.

В цехе трубного проката ЧМЗ с 2020 года развиваются два образца в рамках стратегии Lean Smart



Фото: АО «ПСР»

Plant. Первый — «Техническое обслуживание и ремонт оборудования (ТОиР)», второй — «Планирование производства».

«За предыдущий период мы хорошо поработали над образцом ТОиР, все — планирование и контроль обслуживания, ремонт оборудования — происходит в одной операционной системе, — рассказывает начальник отдела планирования, исследований и контроля производства Чепецкого механического завода Григорий Удод. — Появилось много интересных аналитических решений. Например, для повышения точности планирования ремонтов, увеличения межремонтного интервала организованы сбор и обработка информации о применении комплектующих материалов за счет использования вибродиагностических комплексов на прокатных станах. Определение состояния конструктивно сложных узлов критического оборудования происходит в режиме реального времени. По показаниям приборов можно судить о степени износа узла и необходимости его ремонта или замены».

Еще одно интересное системное решение — оповещение руководителей о неисправности ключевого оборудования по цепочке помощи через SMS. В случае поломки станка оператор, пользуясь специальной функцией в MES-системе, отправляет сообщение ремонтной службе. Если за отведенное время сервисные службы не приступают к ремонту, то сообщение о неисправности автоматически пересылается руководителю ремонтной бригады, а через пару часов информация о простое важного для потока оборудования может дойти и до генерального директора предприятия. Понятно, что такая перспектива никого не вдохновляет, поэтому ремонт станков стартует незамедлительно.

В рамках развития второго образца — «Планирование производства» — совершенствуется долгосрочное, среднесрочное и оперативное планирование производства, выравнивается загрузка оборудования, сокращаются запасы и обеспечивается поставка продукции точно в срок.

По итогам года время перепланировки — от корректировки заявки потребителя до выпуска измененной программы производства — сократилось в 2 раза, НЗП уменьшилось более чем на 41 тонну. Влияние проекта на бизнес-цель «Запасы» составило порядка 60 млн руб.

2021 год был посвящен тиражированию достижений по двух пилотным образцам Lean Smart Plant и запуску третьего — «Контроль качества и управление лабораторными работами». Речь идет о совершенствовании лабораторных процессов, обслуживании лабораторного оборудования, онлайн-наблюдении за процессом и результатом исследований, автоматическом формировании отчетов. В рамках развития данного образца прорабатывается внедрение в производство роботов-доставщиков.



Фото: АО «ПСР»

«Эта тема, несмотря на свою простоту и очевидность, влечет за собой создание целой информационной и логистической инфраструктуры. Цель — снижение времени ожидания лабораторных исследований, — подчеркивает Григорий Удод. — Кроме того, сейчас перед нашей командой стоит задача разработки стратегии развития Lean Smart на ЧМЗ до 2030 года. В будущем мы обязаны всю физическую работу на производстве передать автоматическим системам и роботам, а потенциал человека сконцентрировать на интеллектуальном труде. Считаю, что участки, где люди работают в тяжелых условиях, необходимо автоматизировать и механизировать в первую очередь. Пока этого не произошло, мы постараемся облегчить работу людей настолько, насколько это возможно. Например, использовать экзоскелеты, снижающие нагрузку при физической работе».

Один из самых интересных образцов Lean Smart Plant планируется создать на «Петрозаводскмаше». Это будет комплексный образец, который соединит среднесрочное планирование модернизации мощностей и инвестиций, производственное планирование и контроль, а также конструкторскую и технологическую подготовку производства.

«Все процессы оптимизируем и оцифровываем одновременно, используя цифровой двойник производства. В нем же проведем картирование, смоделируем оптимальные потоки. Фактически мы еще и оптимизируем собственную работу. Ведь одно дело, когда ты картируешь процессы на бумаге или при помощи элементарных офисных приложений, а совсем другое — когда обращаешься за помощью к специализированной информационной системе. Она поможет просчитать огромное количество вариантов оптимизации производства, а нам останется лишь выбрать наилучшее решение, управляя критериями оптимизации», — объясняет Антон Широких. Затем этот образец будет тиражироваться на другие предприятия отрасли. Следующий этап — внедрение и обучение искусственного интеллекта, который будет анализировать данные информационной



Фото: АО «ПСР»

системы и выбирать оптимальное решение самостоятельно. Эта работа будет проводиться уже в рамках глубокой цифровизации.

В идеале необходимо создать полностью автономное производство, исключая тяжелый труд и пассивное наблюдение человека. «На такое производство человеку надо будет лишь завезти нужные материалы. Дальше с ними будут работать роботы, каракури, автоматическое оборудование, а на выходе мы получим готовое изделие. Думаю, со временем в автономном режиме получится изготавливать такие изделия, как корпус реактора. Если смотреть на производственный цикл, то уже сейчас от 20 % до 70 % операций при изготовлении корпуса реактора выполняется без участия человека, — подчеркивает Антон Широких. — А вот автономное изготовление мелкосерийных, единичных изделий большой номенклатуры (10000 и более наименований), можно считать вызовом для автоматизированных цифровых производств. Для этого потребуется гибкость, которую пока обеспечить сложно».

Перспективы Lean Smart Plant огромны. В развитии Росатому помогает и опыт зарубежных компаний. «За рубежом есть аналоги. Мы на них и равняемся — в первую очередь на Boeing и Toyota. На Toyota оцифровано все производство. Везде применяют электронные табло, на которых выводится информация по оборудованию: где наладка, где аварийный простой. Применяется система сценарного планирования, моделирования технологических процессов, вся конструкторская работа идет в 3D. У Boeing цифровая система позволяет отследить работу заводов по всему миру», — рассказывает Антон Широких.

В компании определен образ целевого состояния Lean Smart Plant 2024–2030 по направлениям:

- Декомпозиция целей: Электронные инфоцентры на основе BI-системы, все данные берутся из ERP, MES, MDM, зрелость которых > 80 %.

- Продуктовые потоки: Цифровой ПСР-образец в производстве (роботы-манипуляторы, роботы-тележки, 3D-сканирование, AR/VR и пр.). Цифровые двойники производственных потоков для 80 % продуктов по выручке.

- Процессы обеспечения производства: ПСР-образец конструкторско-технологической подготовки производства, созданы цифровые двойники для 60 % номенклатур, зрелость PLM, CAE, CAD, PDM > 80 %. ПСР-образец процесса производственного планирования производства, зрелость MRP II, MES, APS > 80 %.

- Активизация персонала: Лаборатория роботизации и автономизации (IoT, machine vision, etc.)

Выше двигаться пока некуда, говорят в компании, но по мере обновления технологий требования к уровню Lean Smart Plant будут дополняться, и если через десять произойдет технологическая революция, тогда в модели развития ПСР может появиться и новая — шестая — ступень.

Материал подготовлен на основании данных:

- 1) Lean Smart Plant, или как цифровизация поможет оптимизации, Светлана Зайцева, «Страна РОСАТОМ»;
- 2) Lean Smart Plant: «Росатом» взял курс на создание цифрового бережливого предприятия, «Страна РОСАТОМ»;
- 3) Lean Smart Plant: примеры успешного внедрения, Светлана Зайцева, «Вестник Атомпрома»;
- 4) Эволюция лидера: от ПСР к Lean Smart Plant, Светлана Зайцева, «Вестник Атомпрома»;
- 5) Опыт Росатома в использовании инструментов бережливого производства и цифровых решений для повышения производительности, Евгений Абакумов, директор по информационным технологиям Госкорпорации «Росатом», июнь 2021.

«Работа над ошибками» цифровой трансформации производства: рекомендации практика



В последние годы появляется множество публикаций, обсуждений на тему цифровой трансформации отечественного производства. Проводились многочисленные конференции и круглые столы, посвященные превращению предприятий в «умные фабрики» в рамках Индустрии 4.0. Безусловно, в стране уже есть примеры успешной цифровизации, но не о них пойдет речь в этой статье. Мы поговорим о наболевшем: почему проекты по цифровизации производства не приводят к желаемым результатам или вовсе заканчиваются провалом?

Текст: Алексей Ваганов, руководитель направления цифровизации производства компании ООО «Топ Софт». Фото: pitinan

Неэффективность как норма

Специалисты, работающие «на земле», прекрасно знают: управление производством на большинстве отечественных предприятий, к сожалению, по-прежнему остается на начальном уровне «Индустрии 3.0». Внедрение элементов уровня «4.0» требует значительных усилий. Зачастую такие «прыжки» — невозможны в принципе, как невозможно в одночасье изменить мышление пользователей информационных систем и сложившиеся управленческие подходы.

Но можно ставить правильные цели и двигаться к ним. Шаг за шагом оптимизировать бизнес-процессы, которые помогут предприятию генерировать прибыль, осваивать новые рынки, привлекать и удерживать клиентов, сокращать издержки, уровень брака, запасы на складах, повышать качество продукции и улучшать ее ассортимент.

Наша команда много лет много лет разрабатывает и внедряет собственные системы класса ERP, EAM, а также SPM — умного управления производством (Smart Production Management). Мы реализовали десятки сложных, масштабных проектов автоматизации производства в России и Беларуси. Каждый из этих проектов — уникален: нельзя в точности повторить любой из них на другом предприятии.

В то же время, мы часто наблюдаем одни и те же ошибки отечественных предприятий, которые снижают или сводят к нулю ожидаемую отдачу от цифровизации. Это происходит независимо от внедряемой информационной системы.

Более того, многие предприятия воспринимают свои проблемы как норму и продолжают использовать схемы автоматизации бизнес-процессов, уместные 10 или 20 лет назад, не замечая, что в новых условиях устоявшиеся подходы приводят к недостаточному контролю над ресурсами предприятия, а это в свою очередь негативно отражается на заказах, клиентах, доходах.

Давайте рассмотрим наиболее распространенные «подводные камни», с которыми может столкнуться компания, холдинг в ходе цифровизации производства. Разумеется, представленный ниже

ЧЕРЕДКО ПРЕДПРИЯТИЯ-ЗАКАЗЧИКИ ОБРЕКАЮТ ПРОЕКТ НА ПРОВАЛ ЕЩЕ НА ЭТАПЕ ПОСТАНОВКИ ЦЕЛЕЙ, СТРЕМЯСЬ СРАЗУ ОХВАТИТЬ АВТОМАТИЗАЦИЕЙ КАК МОЖНО БОЛЬШЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ



Справка о компании:

ООО «Топ Софт» — белорусская ИТ-компания, разработчик и правообладатель линейки программных продуктов под торговым знаком «T2Plus». Осуществляет свою деятельность с 1993 года.

«T2Plus Управление производством» (<https://t2plus.ru/products/spm>) зарегистрирована в Евразийском реестре программного обеспечения (номер регистрации 50еас от 21.01.2021).

список проблем — далеко не полный. Но, надеемся, достаточно красноречивый и мотивирующий.

1. «Неподъемные» цели

Нередко предприятия-заказчики обрекают проект на провал еще на этапе постановки целей: стремятся охватить автоматизацией как можно больше бизнес-процессов и обеспечить как можно более глубокую детализацию данных. Ведь к этому обычно и призывают разработчики бизнес-софта в ярких и убедительных презентациях, не так ли?

Но в итоге проект затягивается на годы, стоимость многократно возрастает, а после его завершения специалистам предприятия придется вводить в систему массу данных, зачастую бесполезных и не связанных с задачами, которые являются приоритетными для компании.

Поэтому еще до начала проекта важно определить действительно узкие места на предприятии и задать оптимальную глубину автоматизации бизнес-процессов. В этих рамках и может быть достигнута максимальная отдача от цифровизации.

2. «Одностороннее» техзадание

Следующая ошибка связана с распространенным подходом к написанию технического задания на проектирование системы.

Нередко эту задачу поручают одной из служб предприятия-заказчика — например, службе главного технолога. В этом случае на выходе мы можем получить ТЗ, в котором тщательно расписана конструкторско-технологическая часть. Однако, большинство данных, которые будут вносить в систему конструкторы и технологи, не понадобятся другим службам. В свою очередь, другие аспекты производства (например, планирование, логистика), будут проработаны слабо — и соответствующие службы не получат нужных им цифр.

Поэтому важно найти и вовлечь в разработку технического задания компетентных специалистов, которые хорошо представляют общую картину бизнес-процессов на предприятии и могут описать потребность в информационном обеспечении для каждого подразделения, вплоть до рабочего в отдельности.

3. Отсутствие «переводчика»

Часто предприятие-заказчик и его IT-партнер, который проводит внедрение системы, говорят на разных языках. В итоге представители заказчика соглашаются на решения, предложенные IT-партнером, не понимая многих неочевидных последствий. Несовпадение результатов с ожиданиями обнаруживается только на этапе опытной эксплуатации. И тогда начинаются многочисленные переделки; как следствие, трудоемкость проекта разрастается, сроки удлиняются.

Есть интересные примеры некоторых предприятий, которые перед началом проекта нанимают в свой штат опытного бизнес-аналитика. Такой специалист способен полноценно согласовать потребности заказчика с возможностями исполнителя. Он будет информировать свое руководство обо всех действительно значимых нюансах проекта, а также — убедительно и конструктивно оппонировать представителям IT-партнера.

4. Проблема «IT-наследия»

По-прежнему многие предприятия используют схему внедрения, при которой на одном из этапов происходит параллельный ввод данных в старой и новой системе. Специалисты предприятия-заказчика в этот период работают в ситуации стресса, часто сверхурочно. Возникают ошибки в данных. Пользователи сопротивляются переменам, осознанно и неосознанно затягивают сроки проекта, вплоть до его срыва.

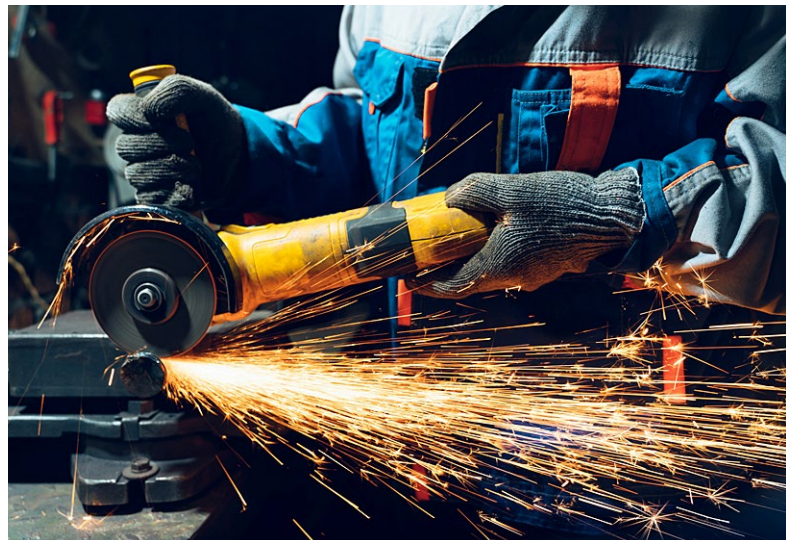
Поэтому везде, где это технически возможно, важно использовать инструменты конвертации данных из старой системы в новую. Например, современную интеграционную шину для синхронизации данных в реальном времени между любым количеством информационных систем.

Также можно избежать многих потенциальных конфликтов, если еще до начала внедрения будет создан макет работы новой системы на ограниченном объеме данных. Макет позволит заранее отшлифовать и согласовать с заказчиком всю цепочку производственных процессов, начиная с разработки новой продукции и заканчивая ее отгрузкой заказчику. Это значительно ускорит и упростит основные этапы внедрения.

5. Формирование нормативно-справочной информации

Отдельная проблема — несогласованность данных и ошибки в структуре нормативно-справочной информации. Это постоянный источник головной боли для производителей.

Например, предприятия часто допускают при ведении НСИ несоответствия между номенклатурой поставщика и собственной номенклатурой. Или наоборот: номенклатурные номера покупных деталей могут совпадать с номерами этих же деталей после дополнительной обработки на предприятии. Первое увеличивает неиспользуемые запасы



комплектующих, второе — создает путаницу в планировании производственных процессов.

Указанное в технологических процессах оборудование может не соответствовать каталогу основных средств предприятия, что делает невозможным расчет загрузки мощностей. Производственная структура и профессии в технологиях могут расходиться со штатным расписанием (работа — сделана, а оплата автоматически не рассчитывается).

Чтобы подобные нестыковки в системе не нанесли ущерба производству, их приходится «держать в голове» специалистам, ответственным за конкретный участок работы, но рано или поздно даже опытный работник может допустить ошибку.

В таком случае проблема привычно сводится к так называемому «человеческому фактору». На самом же деле, способ свести пресловутый «человеческий фактор» к минимуму известен. Это — цифровизация.

Как ни парадоксально, ситуация, когда НСИ в старой системе отсутствует, а отдельные данные пользователи хранят на бумаге, либо в офисных файлах — не самый худший вариант. Это открывает возможность построить правильную структуру НСИ, буквально с нуля, в новой системе.

Хуже, если НСИ в старой системе имеется, но во многом потеряла актуальность, не соответствуют реальному состоянию дел на предприятии. Приходится тратить время на актуализацию.

А самая сложная и в то же время наиболее распространенная проблема, особенно на крупных предприятиях, — так называемая разрозненная НСИ, которая хранится в многочисленных табличных массивах в локальной сети предприятия. Как правило, из-за отсутствия единого источника, часть данных в массивах дублируется, в них накапливаются противоречия, ошибки, устаревшие сведения.

Как показывает опыт, не следует пытаться перетаскивать разрозненные данные в новую систему по частям. Это еще больше запутывает всех участников

процесса цифровизации. Лучше полностью актуализировать информацию, устранить все ошибки и нестыковки — и лишь затем переносить нормативно-справочную информацию в новую систему.

6. Нестыковки составов изделий

Как показывает опыт «Топ Софт», один из важных вопросов, который всплывает при обследовании предприятия: учтены ли на этом предприятии различия между конструкторскими и технологическими составами изделий? В ответ конструкторы часто возмущаются: мол, о каких технологических составах речь? У нас все пользуются конструкторскими составами!

Мы принимаем это к сведению и загружаем данные о конструкторских составах в систему производственного планирования. И тут начинают возмущаться производственники (чего мы и опасались с самого начала). Ведь они смотрят на изделие и этапы его производства совсем под другим углом, чем конструкторы.

Например, конструкторский состав одного изделия предполагал сборку комплекта деталей перед сборкой самого изделия. Но для реального производства этот промежуточный этап — лишний! А для производственников это лишние действия, лишние паузы, лишние документы. Ведь по факту работники сразу начинают собирать изделие из деталей, входящих в цех и знать не знают ничего о комплектах. Также очень часто технологи выделяют в деталях т.н. «заготовки», которые к конструкторским документам не имеют никакого отношения, но существенно облегчают работу производства.

Подобные отличия, продиктованные реальной производственной практикой, и должны отражаться в технологических составах изделий, что, к сожалению, мы видим не всегда.

7. Пробелы в учете времени

Очень часто мы сталкиваемся с тем, что на предприятиях учитывается единственный тип времени — штучно-калькуляционное время, которое используется при расчете зарплаты.

Но ведь процесс производства продукции складывается не только из действий работников! Например, в ходе обработки детали оборудование может работать значительно дольше рабочего. А вслед за минутной операцией склейки двух деталей может последовать их многочасовая сушка. Но данные об этом не отражаются в технологических маршрутах и не используются при расчете загрузки производственных мощностей и трудовых ресурсов. Безусловно, это ведет к многочисленным управленческим ошибкам и в конечном счете финансовым потерям.

8. Нормы и коэффициенты: вместе или отдельно?

На большинстве предприятий нормы расхода материалов сразу закладываются с учетом различных коэффициентов: потерь, выхода годных изделий, запуска и так далее.

ОДИН ИЗ ВАЖНЫХ ВОПРОСОВ, КОТОРЫЙ ВСПЛЫВАЕТ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ ПРЕДПРИЯТИЯ: УЧТЕНЫ ЛИ РАЗЛИЧИЯ МЕЖДУ КОНСТРУКТОРСКИМИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ СОСТАВАМИ ИЗДЕЛИЙ?

К чему это приводит? Когда коэффициенты по тем или иным причинам меняются, пользователям приходится заново пересчитывать нормы расхода материалов. Например, в технологическом процессе используется больше сотни вспомогательных материалов, и норма на них рассчитана, исходя из некоего коэффициента технологических потерь. Провели мероприятия, улучшили техпроцесс — коэффициент снизился. Технологи необходимо изменить норму во всех материалах. Получаем ошибки, связанные с человеческим фактором, и уйму потраченного времени.

Выход прост: закладывать в технологию производства чистые нормы расхода материалов, а коэффициенты — учитывать отдельно. Это значительно ускорит расчеты, исключит ошибки и упростит работу технологических служб.

9. Ошибки планирования

Их встречается так много, что на эту тему можно писать отдельную статью. Что мы и собираемся сделать.

Представим широко распространенную ситуацию: конструкторы, технологи производят изменения в составе изделия — а производственники видят эти изменения с опозданием, когда работа уже сделана.

Однажды знакомый производственник пожаловался, что конструктор допустил ошибку в размещении крепежных отверстий в основании изделия. Смещение составляло буквально несколько миллиметров. Ошибку обнаружили, но пока информация дошла до цеха, было слишком поздно. Просверленные листы даже нельзя было отправить в задел. Вся партия из полусотни комплектов ушла в брак.

Еще одна проблема связана с отсутствием понятного механизма работы с заменами материалов. Наши собеседники на многих предприятиях убеждены, что такой механизм у них имеется: в составах изделий прописаны возможные замены комплектующих или так называемые «аналоги». Но когда начинаешь задавать простые вопросы: например, что вы будете делать, если необходимо 5 винтов, а на складе 2 хромированных винта и 3 оцинкованных, и все они подходят, согласно вашему механизму для

нашего изделия, — ответа нет. А значит, и механизма работы с заменами пока нет.

Точно так же, специалисты многих предприятий уверены, что у них хорошо поставлена работа с заказами. Мол, решения об отправке изделий в заделы и в брак у них своевременно принимаются. На самом же деле четкого регламента, что делать дальше и кто за эти действия должен отвечать, у них нет. Поэтому и заделы, и брак как лежали, так и продолжают лежать в «незавершенке».

Многие предприятия теряют темп, ресурсы, клиентов из-за невозможности оперативного перепланирования производства. Например, 1-го числа очередного месяца в цеха отдаются рассчитанные планы, распечатываются лимитно-заборные карты, начинается работа. А через неделю планы предприятия меняются. Но никто их уже не пересчитывает заново: слишком ресурсоемкая задача, учитывая время расчетов и даже затраты на бумагу и тонер принтера.

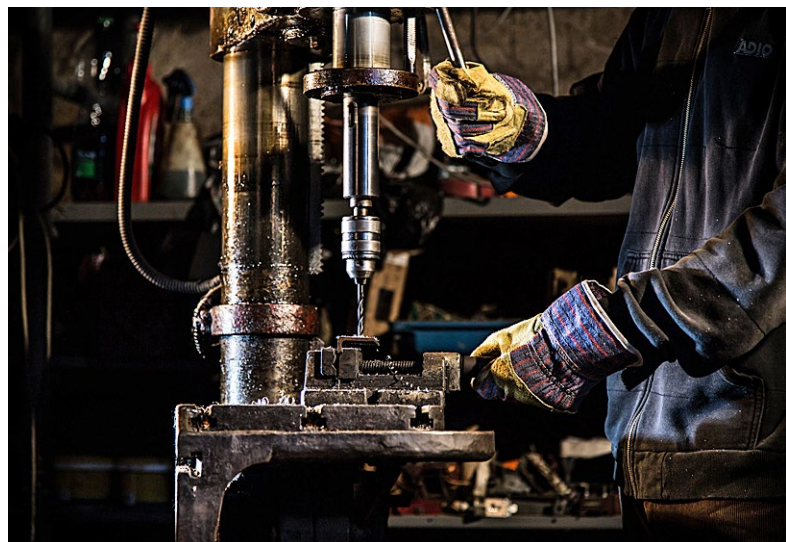
Поэтому до конца месяца предприятие управляется в ручном режиме — на «честном слове» конкретных работников цехов и снабженцев, которые пытаются пометить изменения карандашом в блокноте. Все это неизбежно порождает дефицит одних ресурсов, неиспользуемые излишки других и ставит под угрозу сроки выполнения контрактов предприятия с клиентами.

10. Заказы себе в убыток

Предприятия, работающие по заказу, объективно заинтересованы в инструментах, позволяющих найти к каждому заказчику индивидуальный подход. А именно: своевременно рассчитать стоимость заказа и попасть в тот ценовой диапазон, который заказчика устроит. Пока немногие отечественные предприятия обладают такими инструментами.

Обычно технологи грубо прикидывают материалы для изготовления изделия по чертежам заказчика, пытаясь приравнять его к существующему на предприятии аналогу. Работники службы нормирования труда по такому же принципу пытаются рассчитать трудоемкость, а экономисты пытаются рассчитать себестоимость. Но, во-первых, на расчет себестоимости, цены и рентабельности будущего изделия обычно уходит не менее недели. Случается, что заказчик не станет ждать так долго и займется поиском другого поставщика. Во-вторых, для расчетов используются устаревшие методы, допускающие ошибку в цене до 30 % в ту или иную сторону. В итоге либо работаем себе в убыток, либо отпугиваем клиента неадекватной ценой.

Чтобы быстро сформировать правильное предложение заказчику, требуется современная система управления производством, обладающая продвинутыми алгоритмами расчета себестоимости. Также она должна быть наполнена самыми актуальными



данными о составах изделий, ценах на материалы и комплектующие, сроках их доставки, изменениях в конструкции изделий и технологиях производства, заменах материалов и так далее. Это позволит еще до старта производства рассчитать цифру, которая окажется максимально близка к фактической себестоимости по завершении отчетного периода.

Кратко подводя итоги, можно перечислить основные проблемы отечественных предприятий, препятствующие внедрению цифровых систем управления производством:

- Отсутствие четких целей и «рамочек» проведения автоматизации.
- Желание автоматизировать процессы до уровня Industry 4.0, в то время, как само предприятие находится на уровне 2.0+
- Нежелание изменять существующие бизнес-процессы.
- Недоверие к внедряемым программным продуктам ввиду отсутствия объективных показателей получаемой выгоды.
- Текущее финансовое положение.

Текущий уровень автоматизации бизнес-процессов не позволяет говорить о быстром и успешном внедрении продуктов класса Industry 4.0. без реализации промежуточных этапов. Для этого в первую очередь требуется существенное изменение организационных подходов к управлению производственными и экономическими процессами промышленного предприятия.

Необходимо программное обеспечение, которое позволит учесть современные требования производственного предприятия и гибко настроится на «умную» работу. 🚀

Контакты для связи:

Тел: +7 916-969-47-95

e-mail: market@t2plus.ru

www.t2plus.ru

Индустрия 4.0 в решении управленческих задач



Чем сложнее производство, тем большим вызовом становится управление его процессами, обеспечение его устойчивости, эффективности и безопасности. Но на помощь руководителю приходят современные цифровые технологии для промышленности. Они подстрахуют специалистов, повысят качество управленческих решений, возьмут на себя аналитическую работу, выдав с неподвластной человеку точностью и скоростью, решения и рекомендации. На них в своей работе полагаются уже тысячи российских компаний. Об опыте применения технологий Индустрии 4.0 в управлении ресурсами, процессами, качеством, информацией и персоналом — читайте в нашей статье.

Фото: [ЗапСибНефтехим](#)

Управление процессами

10 лет назад поддержку в управлении процессами в «Росэнергоатоме» осуществлял кризисный центр. Здесь собирали информацию, которая в первую очередь касалась безопасности и текущего функционирования ядерных установок. Помимо компьютерных данных, это могли быть телефонные уведомления, бумажные отчеты. Это был сбор, систематизация и обработка информации практически в ручном режиме для ежедневных отчетов о текущем состоянии ядерных объектов, что позволяло достаточно быстро и комплексно реагировать на любые ситуации.

Теперь эти и ряд более расширенных функций берет на себя Центр принятия решений (ЦПР). Причина в том, что информационное поле расширилось, сегодня недостаточно говорить только о безопасной работе, она должна быть и максимально эффективной. Новый центр отличается охватом. Визуально это набор связанных информационно-аналитических панелей, дашбордов, на которых доступна информация по всем аспектам деятельности организации. Это и безопасность, и коммерческая деятельность, выдача мощности, состояние систем в энергосистеме страны, вопросы экономики, финансов, социальная и радиационная обстановка и т.д.

Большая часть этой информации собирается автоматически, без участия человека. В первую очередь это решает задачу оперативности. Если раньше отчеты поступали раз в сутки, то сейчас, к примеру, данные о состоянии энергосистемы «Системного оператора» поступают с задержкой всего на несколько минут, практически онлайн.

Раньше в кризисном центре занимались еще и обработкой полученных данных, готовили аналитический отчет. Руководители не имели непосредственного доступа к данным и возможности оперативно делать выводы. Им приходилось дожидаться рассылки подготовленного отчета.

Сейчас, благодаря центру принятия решений, руководитель может сам обратиться к любому аспекту, который ему интересен. Например, войти в определенный раздел инфопанелей и детально посмотреть, какие показатели интегрированной системы управления (ИСУ) находятся в красной зоне, то есть имеют отклонения. Это совершенно другой уровень аналитики и скорости принятия решений. При этом руководителю не надо быть ИТ-специалистом — интерфейс панелей стандартный, хотя эргономике было уделено определенное внимание, чтобы все было удобно и доступно. Есть возможность ретроспективно и быстро посмотреть любые цифры, например, за прошлый год, чтобы соотнести их с текущими показателями. Система включает и элементы моделирования. Она может ответить на вопрос, а что будет, если... Таких возможностей раньше не было. По ряду показателей есть даже голосовое управление, систему можно



Сергей Мигалин, заместитель гендиректора, директор по экономике и финансам «Росэнергоатома». Фото: Игорь Каблуков

просто спросить. Например, руководитель коммерческого блока может смоделировать, каким в случае нештатной ситуации при отключении какого-либо блока будет перераспределение электроэнергии, как изменится схема ремонтов, какой будет выработка.

Преимущества центра принятия решений в концерне уже ощутили. Во-первых, появился инструмент, который может быстро донести реальную ситуацию на любой АЭС до руководства концерна. Всю необходимую информацию можно увидеть онлайн, а это скорость и оперативность.

Во-вторых, точность. Раньше можно было что-то умалчать, по-разному интерпретировать. Теперь это реальные данные, большая часть которых поднимается прямо из систем, исключая человеческий фактор, и с этим не поспоришь. Раньше, чтобы доложить о проблеме, надо было записаться к руководителю на прием, найти время в его графике, ждать, если руководитель в отъезде. Теперь руководителю ничто не мешает открыть ноутбук или планшет и увидеть, что есть проблема или критический вопрос на стройплощадке, в конкретном процессе на АЭС или в центральном аппарате. Если вопрос не терпит отлагательства, руководитель сразу может позвонить, написать, дать поручения конкретным исполнителям.

«Мы постарались интегрировать в систему интерактивные элементы: всплывающие дополнительные пояснения, индикаторы открытых вопросов, — рассказывает заместитель гендиректора, директор по экономике и финансам «Росэнергоатома» Сергей Мигалин. — Руководитель может потратить десять секунд, посмотреть первую страницу основной панели и просто освежить в памяти, какие проблемы все еще актуальны, какой статус у того или иного вопроса. Ему не надо вспоминать, что он в каком-то текущем отчете читал, или кто-то говорил, или где-то у него записано. Это позволяет быстро

сконцентрироваться на том, что действительно важно, вникнуть в ситуацию, оценить показатели и принять решение. Пока к системе имеют доступ генеральный директор, его заместители и руководители департаментов. В перспективе доступ получат и руководители АЭС к своей части информации».

Компания СИБУР объявила о старте масштабной цифровой трансформации еще в конце 2017 года. В 2018 году в компанию были привлечены новые компетенции из разных технологических областей: Big Data и машинное обучение, виртуальная и дополненная реальность, промышленный интернет вещей, цифровая разработка, новейшие технологии связи, а в 2019 году СИБУР начал переход от пилотирования и локального применения новых цифровых продуктов решений к модернизации сквозных процессов с применением новейших технологий.

В компании выделили 12 ключевых сквозных процессов — цепочек создания ценности в ключевых для бизнеса компании областях: производстве (от планирования до производства продукции, надежность и ремонты), маркетинге и продажах (от заказа продукции до оплаты), управлении цепочками поставок и логистике.

Наибольший эффект достигается за счет использования инструментов продвинутой аналитики и машинного обучения — систем поддержки принятия решений по технологическим режимам, моделей-советчиков для улучшения качества продуктов (как внутри компании, так и за ее пределами — для заводов-изготовителей конечной продукции), прогнозирования цен на сырье и продукцию. Для применения решений в области продвинутой аналитики в компании развивают платформу данных и инструментарий по сбору данных — мобильные приложения, компьютерное зрение, промышленный интернет вещей.

В 2020 году все компетенции в области ИТ и цифровизации были консолидированы в дочерней структуре СИБУР Диджитал, в этот же год компания начала получать заметные эффекты от применения новых технологий — как от модернизации и «пересборки» процессов за счет управленческих мероприятий, так и от внедрения цифровых и ИТ-инструментов.

«За три года эффект от цифровой трансформации и оптимизации сквозных процессов составил **8 млрд рублей**. Из них около 4 млрд — эффекты от внедрения цифровых инструментов, половина из которых приходится на проекты в области продвинутой аналитики. А реализация всего портфеля цифровых и организационных проектов позволит достичь порядка **59 млрд рублей** на горизонте 3 лет», — рассказала директор по цифровым и информационным технологиям Алиса Мельникова.

К примеру, одним из инструментов управления данными, внедренных еще в 2017 году, стала система визуализации данных ЭКОНС. Она визуализирует

влияние производственных показателей на экономику предприятия. В основе этого инструмента лежат математические алгоритмы, которые рассчитывают показатели и выводят их на мониторы в режиме реального времени. Операторы видят цифры по расходу газа или перепад давления по колонне — и рекомендации по их изменению для более эффективного управления производством. Простая подача информации позволяет быстро и четко скорректировать процесс.

Раньше предприятиях СИБУРа работали с ПКПЭ — Процессными ключевыми показателями эффективности. Инструмент анализировал целевые диапазоны технологических параметров (температура, давление, расход сырья и т.д.), но не показывал влияние на экономику предприятия и не давал понятной визуализации операторам.

«Задача — сделать ЭКОНС стандартом визуальной эффективности на производстве, без которого лет через 5 нельзя будет представить обычный рабочий день технолога и оператора. Таким образом мы обновляем организационную модель управления предприятиями, бизнес-процессами, меняем правила системы полномочий и развиваем компетенции сотрудников. Мы верим, что в конце концов это приведет к ускорению принятия решений и подтолкнет к разработке новых проектов», — поясняет менеджер проекта Александр Коблов.

Уже в первый год внедрения дополнительный эффект от повышения производственной эффективности составил более 200 млн руб, а в период с 2017 по 2020 система заработала 1,8 млрд рублей. В этом году специалисты прогнозируют суммарный эффект в 2,7 млрд рублей.

«Цифровой карьер», «Цифровой актив», «Цифровой рабочий» Металлоинвеста

Металлоинвест осуществляет комплексную программу трансформации бизнеса Industry 4.0 с 2016 года. В 2021 году компания направила на реализацию более 300 инициатив и 70 проектов цифровой трансформации более 1,5 млрд рублей.

Внедряя Industry 4.0, компания определила для себя следующие цели:

- повышение эффективности бизнес-процессов.
- снижение трудозатрат на выполнение операций.
- повышение точности планирования и качества контроля за исполнением планов.
- обеспечение прозрачности учета и своевременности принятия решений.
- сокращение издержек за счет внедрения интегрированной системы управления финансово-хозяйственной деятельностью (далее — ИСУ ФХД).

На начальном этапе был создан Центр инноваций, где совместными усилиями с бизнес-экспертами, российскими и зарубежными партнерами запустили процесс цифровизации в новом режиме. Итогом трех лет упорной работы стало формирование

единого информационного ядра, которое позволило централизовать информацию, унифицировать бизнес-процессы, сделать их сквозными для всего производства. Следующим шагом стала автоматизация аналитических систем и систем управления производственными процессами и инновационной деятельности. Сегодня Металлоинвест использует в своих рабочих процессах нейросети, инструменты работы с большими данными, применяет новейшие технологичные устройства, например, трекеры для анализа параметров здоровья сотрудников.

«Цифровые решения позволяют повысить безопасность производства, операционную эффективность, мобилизовать скрытые ресурсы, улучшить качество продукции, открыть новые модели взаимодействия с потребителями», — отмечает генеральный директор Металлоинвеста Назим Эфендиев.

В конце 2019 года были созданы четыре Лаборатории инноваций под общей эгидой Центра инноваций Металлоинвеста. Помимо тестирования пилотных проектов и технологий, они отвечают за мониторинг и анализ всех процессов предприятия, научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) на местах. Такая децентрализация позволяет получать и прорабатывать в десятки раз больше инициатив по сравнению со стандартной единой структурой внутри Компании, используя специфический локальный опыт и условия, концентрироваться на наиболее эффективных проектах.

Самые востребованные и перспективные инициативы, поступившие в Центр инноваций, попадают в портфель пилотных проектов — прототипов, которые могут быть реализованы в условиях реального процесса с минимальными затратами времени и ресурсов. Так осуществляется оценка перспектив применимости и получения бизнес-эффектов от конкретной идеи и принимается решение о ее масштабировании на весь бизнес-процесс внутри Компании.



Фото: ООО УК «МЕТАЛЛОИНВЕСТ»

Портфель проектов программы цифровой трансформации включает в себя 4 основных направления:

1. «Цифровой карьер» — визуализация сквозной производственной цепочки, карт карьера, позиционирования техники и функциональных работ. Анализ информации по производству, работе сотрудников, оптимальной работе техники происходит в онлайн режиме.

2. «Цифровой актив» — в большей степени затрагивает повышение эффективности производства в части технологических процессов (системы «советчики», базирующиеся на математических моделях и статистике), металлургический сегмент («цифровая плавка»), проекты, направленные на снижение затрат и себестоимости.

3. «Цифровой рабочий» играет важную роль в сохранении здоровья сотрудников, обеспечивая их новейшими цифровыми инструментами работы на производстве (мобильные устройства при работе ремонтных служб, системы «советчики» расходных

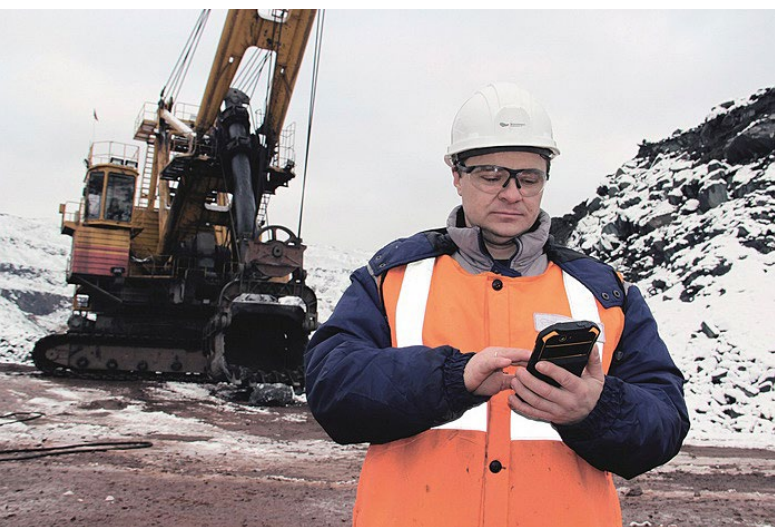
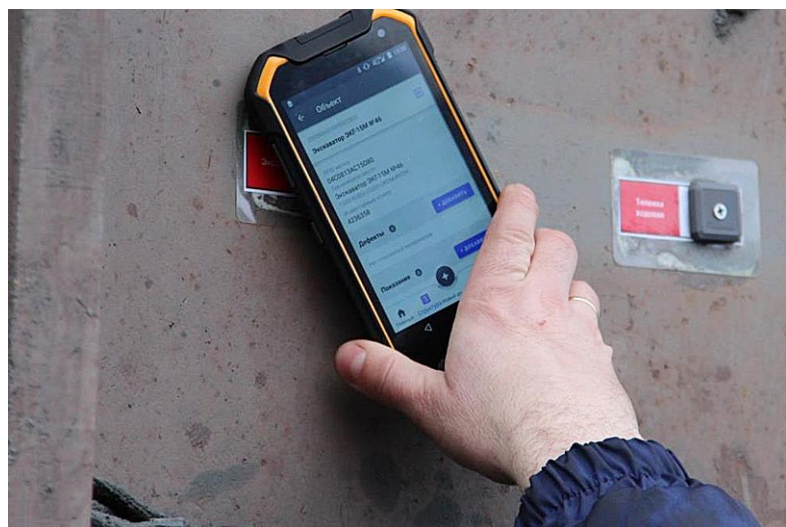


Фото: ООО УК «МЕТАЛЛОИНВЕСТ»



материалов на основном производстве), комфортные и быстрые коммуникации сотрудников при помощи роботизации, мессенджеров, управление взаимодействием с компанией через мобильный телефон. Система слежения за состоянием водителя большегрузного транспорта, передает сигнал, если внимание водителя падает. Внедрение новых цифровых технологий также дает возможность постоянного мониторинга здоровья рабочих. Все это помогает сократить травматизм и исключить смертельные случаи на производстве.

4. «Цифровой офис» — направление, которое стало особенно важным при удаленном режиме работы. Каждый день стал цифровым — от проведения совещаний в онлайн-формате, дистанционной работы из любой точки мира без потери качества, до проведения масштабных онлайн встреч и развлекательных мероприятий.

Так, в конце прошлого года был завершен процесс прототипирования решения по использованию промышленных мобильных терминалов для автоматизации процессов обходов и осмотров оборудования. Было выбрано два пилотных участка: рудоуправление Михайловского ГОКа им А. В. Варичева и управление железнодорожным транспортом Лебединского ГОКа.

Первым объектом для внедрения мобильного приложения стал экскаваторный парк рудоуправления (РУ) Михайловского ГОКа имени А. В. Варичева. На горную технику установили специальные чипы — NFC-метки. Механики ремонтного подразделения и ответственные за техническое состояние работники РУ получили мобильные устройства, на которые поступают задания для выполнения запланированных работ. Перед осмотром экскаватора они считывают NFC-метку при помощи мобильного устройства. По мере выполнения задания



Фото: ООО УК «МЕТАЛЛОИНВЕСТ»

производится фиксация результатов осмотра — выявленных дефектов и зарегистрированных показаний измерений технических параметров узлов экскаватора — и дальнейшая автоматическая передача информации в систему ERP. На основании полученных данных сотрудники подразделения анализируют состояние оборудования и принимают решение о необходимости и сроках проведения ремонта, после чего специалистом по планированию формируется заказ на ремонт.

Проект доказал свою эффективность и будет транслирован по всем производственным активам Компании.

А на Лебединском ГОКе в рамках проекта «Цифровой карьер» появилась беспилотная авиационная система. Квадрокоптер снабжен системой автоматического управления, навигационной системой GPS, цифровой системой телеметрии и радиомодемом с приемником спутниковых навигационных сигналов. Цифровая фототехника позволяет собирать визуальные данные с максимально высоким разрешением, а мощные программные средства в автоматическом режиме помогают решить любую задачу — от создания ортофотоплана до построения 3-мерной модели.

На основании полученных данных маркшейдеры, геологи, специалисты горных работ комбината смогут вести учет запасов и изучать структуру их залегания, планировать ведение горных работ, определяя места скважин для бурения и взрывания горной массы, формировать борта карьера.

Аппарат позволяет снимать даже труднодоступные участки карьера и отвалов, что значительно повышает безопасность работы маркшейдеров.

На базе железнодорожного транспорта УЖДТ Михайловского ГОКа внедряется пилотный проект системы точного позиционирования ж/д составов.



Фото: ООО УК «МЕТАЛЛОИНВЕСТ»

Его цель — оптимизация и контроль управления железнодорожным транспортом за счет системы точного позиционирования и видеоаналитики. Построение системы на основе модульного подхода и открытых протоколов обмена данными позволит самостоятельно развивать систему, расширяя ее функционал в зависимости от потребности. Применяемые решения, основанные на большом выборе и разнообразии широко используемого оборудования (бортовые компьютеры, GPS-приемники, системы видеонаблюдения и передачи данных), позволят снизить расходы на обслуживание системы и риски, связанные с монопольным положением компаний, предлагающих готовые решения.

А с сентября 2020 года в Компании стартовал новый проект цифровой трансформации бизнес-процессов: внедрение системы календарного планирования производства. Ожидаемый экономический эффект составит от 90 млн рублей в год. Система календарного планирования позволяет получить оптимальный для компании план производства, основываясь на информации о заказах и их приоритетности, сегментации клиентов, схеме технологических процессов и логистической цепочке.

Реализация проекта цифровой трансформации процессов и ИТ-архитектуры системы календарного планирования позволит Металлоинвесту создать единое информационное пространство в цепочке «поддержка продаж — производство — транспортировка», повысить качество совместной работы. Значительно ускорится и упростится процесс получения необходимой сотрудникам информации, повысится детальность отчетности и своевременность ее предоставления. Процессы планирования, распределения, назначения, определения загрузки производственных мощностей, синхронизации действий между агрегатами и переделами станут более прозрачными. Система минимизирует рутинные операции планировщиков, освободит время для интеллектуальной работы, создаст возможность формирования различных сценариев для принятия эффективных управленческих решений и корректирующих действий. Существенно улучшатся не только качественные, но и количественные показатели. В частности, сократится окно обещания готовности к отгрузке и длительности цикла производства заказа, повысится показатель исполнения заказов точно в срок.

В портфеле пилотных прототипов сейчас находятся системы сверхточного позиционирования персонала, позиционирования подвижного железнодорожного состава, видеоаналитики, экзоскелеты и другие проекты. Однако акценты в цифровом пространстве Металлоинвест расставляет не только на повышении эффективности производства, но и на расширении компетенций персонала. Общий объем инвестиций в Программу цифровой трансформации на 2021–2023 годы составит до 1,6 млрд рублей.

Управление данными

С декабря 2020 года в крупнотоннажных цехах КАО «Азот» в рамках развития проектов повышения операционной эффективности производства внедрен новый инструмент визуализации технологического процесса — дашборды ключевых параметров эффективности (КПЭ).

Дашборд (англ. «DASHBOARD» — обычно переводится как «панель управления») — сервис сбора и визуализации данных. Он подтягивает информацию из баз данных, таблиц, сервисов аналитики, социальных сетей, структурирует ее и представляет в виде графиков, диаграмм или схем. Этот графический инструмент предназначен для того, чтобы оптимизировать процесс контроля технологического персонала за основными параметрами производства.

В процессе контроля за производством оператор ДПУ следит за большим количеством параметров и держит их, в соответствии с технологическим регламентом, в широком диапазоне — от минимальных до максимальных значений. При этом не всегда параметры находятся в оптимальном диапазоне: неоптимальное значение какого-либо параметра может привести к меньшей выработке продукции и большим затратам ресурсов. Но если определенные параметры держать ближе к оптимальному значению, то есть в узких границах, то, соответственно, выработка продукции будет больше, а себестоимость ниже. Поэтому идея создания дашбордов и заключалась в визуализации ключевых параметров технологического процесса, чтобы у сотрудников появилась возможность всегда держать их в оптимальном режиме. Ключевые параметры технологического процесса — это те, которые в наибольшей степени влияют на выработку продукции и ее себестоимость.

— Данный проект — совместная внутренняя разработка производственного отдела, персонала цехов, УИС. Идея по созданию дашбордов возникла осенью 2020 года. Предварительно был оценен потенциальный экономический эффект от внедрения инструмента по всем производствам — он составит



Фото: «СДС Азот»

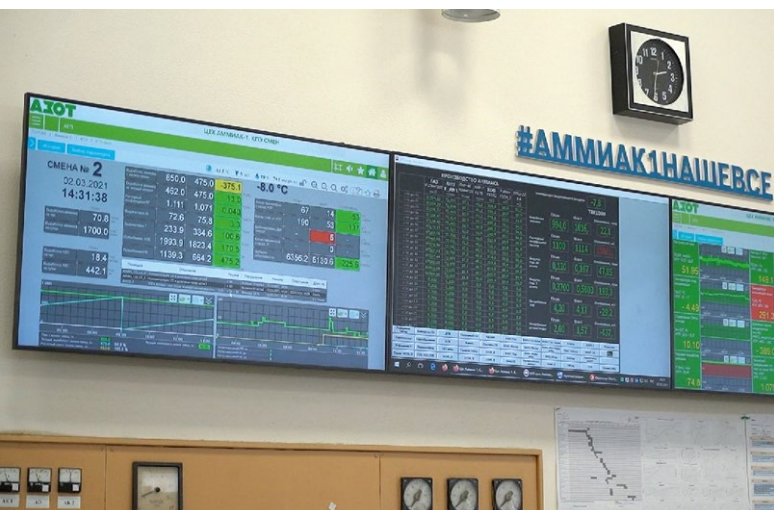


Фото: «СДС Азот»

200 млн рублей, — рассказал заместитель начальника производственного отдела Геннадий Енютин. — По каждому цеху этот проект разрабатывался и запускался в отдельности, то есть это 5 проектов, а в общем и целом это один большой проект. Мы вместе с начальниками крупнотоннажных цехов и с сотрудниками УИС собирались и обсуждали, как должны выглядеть и работать дашборды, с технологами выделяли, какие параметры могут принести наиболее значимый эффект, если сузить им границы.

Дашборды предназначены для сотрудников 5 крупнотоннажных цехов, которые непосредственно управляют технологическим процессом — операторов, начальников смены. Новый графический инструмент доступен на внутреннем портале. Сбор данных для дашбордов осуществляется с АСУТП.

Ключевые параметры цехов, отображаемые на дашбордах, отличаются; сходны они только в цехах аммиака, так как это идентичное производство. Так, из нескольких сотен параметров технологического процесса, которые контролирует оператор на ЦПУ, в цехе аммиака-1, к примеру, выбрано 11, которые в наибольшей степени влияют на выработку продукции и ее себестоимость. Один из ключевых параметров — расход природного газа на технологию, для него установлен узкий диапазон границ, в которых выработка производства максимальна. Оператор контролирует значение параметра так, чтобы он не попало в красную зону, и тем самым удерживает цех на максимальной возможной производительности. Также в цехе аммиака-1 выбран еще ряд важных параметров: это содержание метана после первичного риформинга, содержание водорода в синтез-газе, температура первичной, вторичной конденсации и т.д.

Если виджет параметра горит красным, значит, он вышел за установленные рамки, и в этом случае в появившемся уведомлении сотрудник должен пояснить ситуацию и то, какие действия предприняты для ее разрешения. Все данные собираются в базу и потом анализируются руководителями подразделения.

Если все ключевые параметры горят зеленым цветом — это означает, что производство максимально загружено и имеет минимальную себестоимость.

— В нашем цехе на одном из мониторов выведен дашборд, где есть основные технологические параметры, которые непосредственно влияют на расходный коэффициент, — прокомментировал заместитель начальника цеха аммиака-1 Алексей Недосек. — Каждому параметру мы задаем свою границу — минимальную и максимальную, и персоналу необходимо удерживать этот параметр в нужном нам интервале. Если параметр выходит за эту границу, смена принимает манипуляции и возвращает параметр в нужный нам интервал. Если мы будем удерживать нужный нам параметр в этих интервалах, соответственно, снизится потребление расхода газа для получения аммиака.

Дашборды эффективности — это очередной шаг к повышению операционной эффективности производственной деятельности. Сегодня производственный отдел и УИС пошли дальше — в настоящее время сотрудники этих подразделений ведут работу над новым форматом приема-передачи смены — в электронном виде. Информация о работе смены собирается в отчет с дашбордов.

Управление ресурсами

Экономический эффект от использования цифровых технологий крупнейшим российским нефтехимическим комплексом СИБУРа «ЗапСибНефтехимом» в 2020 году составил около **700 млн рублей**. Кроме высоких финансовых показателей, внедрение передовых цифровых инструментов позволило предприятию усовершенствовать технологические, организационные и бизнес-процессы, а также обеспечить их максимальную эффективность и безопасность.

Наибольший экономический эффект «ЗапСибНефтехиму» в 2020 году принесло применение инновационной системы «Эконс». Работа системы основана на точных математических моделях, которые в режиме «онлайн» пересчитывают самые важные



Фото: ЗапСибНефтехим

показатели технологических процессов в финансовом эквиваленте. Оператор в режиме реального времени видит, по каким параметрам он зарабатывает больше прибыли для компании, а по каким находится в «красной зоне». Для контроля за принимаемыми операторами решениями созданы электронные отчеты, которые позволяют инженерам оценивать эффективность работы и при необходимости корректировать их действия.

— Используя цифровую систему «Эконс», сотрудники «ЗапСибНефтехима» разработали и внедрили ключевые элементы мониторинга технологических процессов производства продукции и оценки их влияния на конечный финансовый результат. Это позволило добиться снижения расходных норм на реагенты и энергопотребление, а также увеличения производительности установок, не выходя за пределы регламентных значений. Кроме этого, во встроенном функционале «Предаварийная защита» специалисты предприятия настроили определенные алгоритмы работы, способствующие выявлению тенденции к отклонению от нормальных параметров процесса на ранних этапах. Это помогает исключить внеплановые остановки оборудования, потери качества продукции и, как следствие, еще больше повысить производственную и финансовую эффективность работы комплекса, — поясняет генеральный директор «ЗапСибНефтехима» Максим Рогов.

Успешно внедренный цифровой инструмент «Мобильные обходы» позволил команде «ЗапСибНефтехима» достичь не только экономического эффекта в **41 млн рублей**, но и высвободить более **40 000 человеко-часов**. В условиях непрерывного производства и большой интенсивности задач это существенный показатель эффективности. Благодаря инструменту «Мобильные обходы» сотрудник может планировать и оптимально прокладывать маршрут, исключая пересечение траектории с коллегами. Во время движения обходчик с помощью специального устройства во взрывозащищенном корпусе считывает NFC-метки на технологическом оборудовании. Информация в режиме реального времени направляется в центральную операторную нефтехимического комплекса, что позволяет оперативно фиксировать результаты обхода. Использование цифрового инструмента помогло в 2020 году зафиксировать более 40 тыс. дефектов на ранних стадиях и оперативно их устранить, исключив дополнительные финансовые и временные затраты в будущем на ремонт оборудования. А применение функции перевода оперативных рукописных документов в электронный формат способствует максимальной концентрации внимания сотрудников на ведении процесса. «Мобильные обходы» также хранят данные о времени прохождения работником маршрута, причинах остановки и досрочном его завершении, состоянии оборудования и другую информацию.

Экономить время персонала на сборе и анализе данных о состоянии оборудования и протекающих

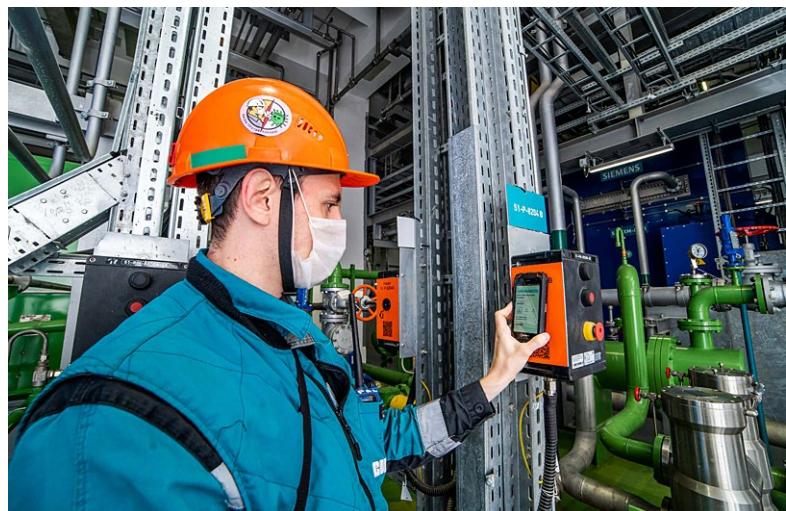


Фото: ЗапСибНефтехим

в нем технологических процессов помогают и беспроводные IoT-датчики, установленные на «ЗапСибНефтехиме» в рамках проекта «Промышленный интернет вещей».

— Инновационное оборудование позволяет автоматизировать процедуру сбора технических параметров работы промышленных установок, в том числе, в труднодоступных местах, и их передачи средствам предиктивной диагностики и Data Science моделям. Это в свою очередь способствует повышению эффективности производственных процессов и минимизации влияния человеческого фактора, — говорит старший менеджер «Цифровые технологии» «ЗапСибНефтехима» Николай Крушельницкий. — В настоящее время IoT-датчики успешно внедрены на производствах пиролиза и бутадиена. В 2020 году промышленный интернет вещей позволил «ЗапСибНефтехиму» получить экономический эффект более 20 млн рублей. По итогам 2021 году он будет увеличен за счет оборудования IoT-датчиками производств полипропилена, полиэтилена, ЦГФУ и частично завода мономеров нефтехимического комплекса.

Управление персоналом

В прошлом году для повышения качества работы с персоналом и стимулирования участия сотрудников в процессе непрерывных улучшений в компании «Газпром энерго» была разработана и внедрена автоматизированная система управления рационализаторской деятельностью (АСУ РД), которая предназначена для создания единого автоматизированного пространства ведения рационализаторства.

В 2010 году количество рационализаторских предложений в компании было не больше 10, а за 2020 год было подано более сотни заявлений. И прежняя система реестра рационализаторских предложений уже не отвечала современным требованиям в плане учета, хранения, оповещения сотрудников и возросшим объемам поступающих документов. Ведение каталога рацпредложений осуществлялось вручную.

Каталог представлял собой excel-файл, а база документов сделана в виде «дерева» стандартного проводника Windows.

Взросший объем документов выявил ряд недостатков, начиная от длительного поиска нужного рацпредложения до доступности — смотреть файлы могли только ответственные за рацдеятельность сотрудники.

Работники Инженерно-технического центра предложили усовершенствовать действующую систему, автоматизировав ее при помощи разработанного ими программного комплекса. На разработку и написание программы ушло около полугода. Ребята оформили ее как рационализаторское предложение и получили положительные заключения от администрации. Далее была долгая апробация системы, в ходе которой выявились недоработки и неучтенные нюансы.

АСУ РД позволила значительно сократить время на поиск нужного документа. Появилась возможность сортировать рационализаторские предложения по многим параметрам, таким как дата, наименование, филиал, разработчик, сумма выплат и т.д. Теперь у ответственных по рационализаторской деятельности есть возможность в считанные минуты автоматически сформировать отчет по заданным параметрам. Все направления пакетов документов письмами заменены возможностью автоматического оповещения ответственных сотрудников о ходе рассмотрения рационализаторского предложения в программе. Также разработчики предусмотрели защиту от случайного удаления документов, хранящихся в архиве.

И самое важное новшество — это появление возможности организации доступа к архиву рационализаторской деятельности в филиале для любого сотрудника, у которого имеется компьютер и доступ ЕВСПД, что увеличивает вовлеченность сотрудников в рационализаторскую деятельность.

Похожая система работает и на **Химпроме**. IT-система, получившая название ТИР (Твои Идеи и Решения), была настроена и «обкатана» в прошлом году. Ее задача — облегчить и усовершенствовать процесс управления идеями, сделав его максимально простым, упорядоченным и продуктивным.

За время опытно-промышленной эксплуатации в систему было подано 248 идей, зарегистрировались в системе 223 человека. Рабочая группа, в которую вошли эксперты и 15 участников тестировали и изучали саму систему, ее возможности и инструменты: все процессы подачи, отбора и доработки идей.

У каждого в системе своя роль.

- Участники — те, кто подает идеи и участвует в голосовании и обсуждении чужих идей.

- Эксперты — компетентные специалисты и руководители в разных сферах, которые проводят оценку идеи.

- Менеджер и администратор, которые обеспечивают технические настройки, и модератор, отвечающий за продвижение идей по этапам.

Авторы и другие участники системы могут оценивать, комментировать предложения, голосовать за понравившиеся идеи, прикладывать поясняющие материалы (видео, картинки или документы). Также заинтересованные коллеги могут активно участвовать в обсуждении интересных для них идей, помогая их продвижению.

Любую «сырую» идею можно доработать с помощью функции «Командная доработка», когда для решения проблемы привлекаются различные специалисты из других областей. А если у сотрудника нет идей и решений, но он видит проблему — есть специальные рубрики, в которых он может указать проблему по любому направлению, в том числе анонимно. Идеи, которые уже были поданы и реализованы, собираются в «Банке идей».

Главные преимущества проекта — это удобство подачи предложений и прозрачность системы. Работник всегда может отследить:

- где, на каком этапе находится идея;
- каков его рейтинг и шансы на получение приза;
- обратную связь, если идея отклонена или нуждается в доработке.

Система построена на духе соревнований, определяя рейтинг участников. Он складывается:

- из количества поданных идей;
- из количества и информативности написанных отзывов к идеям других;
- присвоения званий (можно дойти от рядового Инноваций до Генералиссимуса);
- Силы Голоса — показателя, который растет (если вы голосуете за идеи, которые впоследствии победят) и дает преимущество в дальнейших голосованиях;
- за активное голосование, написание отзывов и комментариев, подачу идей вручаются бейджи (значки, награды), которые видны всем.

Итоги на основании рейтинга подводятся раз в полугодие.

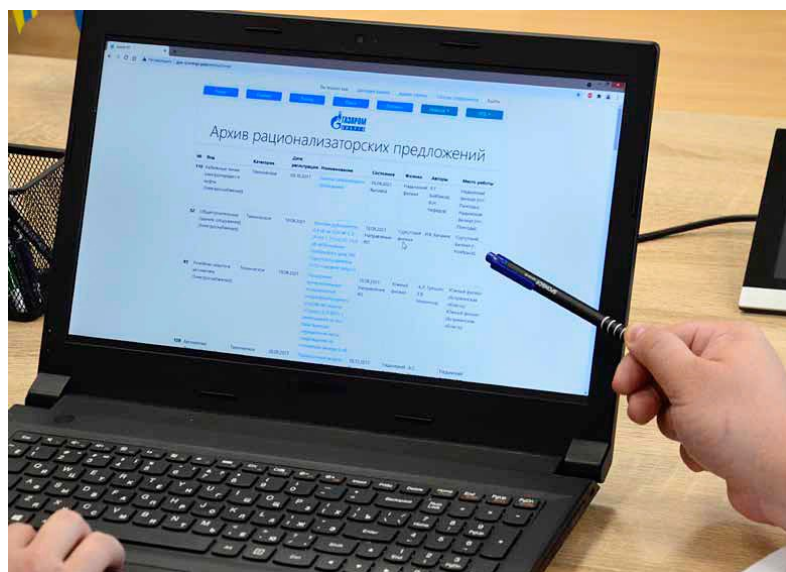


Фото: ООО «Газпром энерго»

Управление качеством

В феврале на заводе «Хендэ Мотор Мануфактуринг Рус» («ХММР»), в цехе сварки, начала работу новая лаборатория контроля качества — 3D Scan Room. Технология трехмерного сканирования, которая широко используется в автопроме и многих других сферах, позволяет на основе анализа формы реального объекта создать его трехмерную виртуальную копию. В зависимости от типа взаимодействия с исследуемым объектом 3D-сканеры разделяют на два вида: контактные, которые создают 3D-модель путем прямого контакта с объектом, и бесконтактные. К последним относится, например, лазерный сканер — именно такой используется на ХММР. При лазерном 3D-сканировании объемная цифровая модель, состоящая из множества точек, получается за счет измерения объекта путем сканирования отражения лазерных лучей от разных его участков.

В автомобильном производстве трехмерное сканирование используется для проектирования и моделирования, контроля качества продукции и реверс-инжиниринга (обратного моделирования). На ХММР технология 3D-сканирования нужна в первую очередь для контроля геометрии кузова и совершенствования качества продукции. Как эта технология помогает улучшать качество? Когда мы получаем 3D-модель измеренного кузова или другого объекта, мы можем сравнить ее с исходной спроектированной моделью — то есть с «идеальной моделью». Таким образом можно увидеть и понять, чем реальный объект отличается от эталонного, какие есть отклонения в размерах и форме, на каком этапе производства следует перенастроить оборудование и так далее. Такие измерения производятся постоянно и необходимы как для запуска новых моделей, так и для контроля состояния тех, которые



Лазерный 3D-сканер производства, установленный на робота, работает в комплексе с лазерным трекером. Фото: «Хендэ Мотор Мануфактуринг Рус»

уже производятся. Раньше с этой целью на заводе использовалась только контактная машина, позже появился ручной лазерный 3D-сканер.

По сути, 3D Scan Room представляет собой лабораторию, где измерения производятся с помощью такого же сканера, только автоматически, а не вручную. За основу проекта была взята лаборатория на заводе Hyundai в Турции. Помещение разделено на две части: операторская комната и зона для измерения. В зоне для измерения сканер установлен на робота, который управляет им с помощью специального программного обеспечения. Сканер работает в комплексе с лазерным трекером. Трекер отслеживает положение сканера в пространстве и понимает, в каком положении относительно кузова он находится. В операторской комнате за стеклом установлены компьютеры с ПО для офлайн-программирования. Здесь сидит сотрудник, который контролирует процесс.

Чтобы измерить кузов, его с помощью кран-балки помещают на специальную измерительную платформу. Эта платформа легко настраивается под измерение любой модели, которая производится на нашем заводе. Процесс установки кузова происходит вручную, а измерительные привязки делаются автоматически с помощью заранее написанной программы измерений. Рядом есть отдельный маленький стенд для измерения навесных деталей. Для сканирования внутреннего пространства кузова с него снимаются навесные элементы.

Поскольку робот в лаборатории один, он может измерить только одну сторону кузова, а также переднюю и заднюю части. Для измерения второй стороны платформу, на которой размещается кузов, нужно повернуть — это делается вручную. Когда кузов зафиксирован, нужно просто запустить процесс сканирования. В результате получится подробная



Для управления всем процессом нужен всего один человек. В настоящее время продолжается обучение сотрудников департамента контроля качества и инженеров цеха сварки. Фото: «Хендэ Мотор Мануфактуринг Рус»

трехмерная виртуальная модель исследуемого объекта в высоком разрешении, с которой можно работать на компьютере.

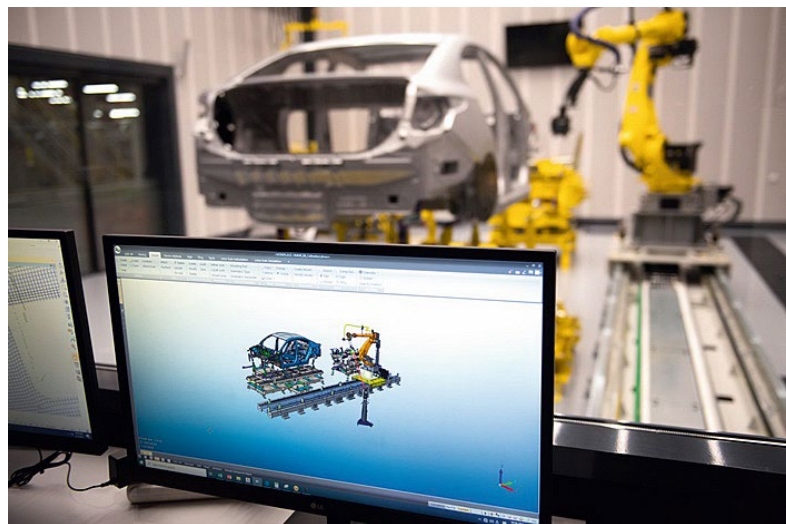
Как уже упоминалось, раньше измерения на «ХММР» велись с помощью контактной машины. Ручной сканер появился на заводе тоже достаточно давно. Все это применяется до сих пор, однако и СММ, и ручной сканер уступают 3D Scan Room по ряду показателей. Во-первых, это скорость. СММ анализирует объект медленно, точка за точкой. На полное измерение одного кузова с помощью контактной машины уходит порядка восьми часов, то есть за сутки можно измерить только три кузова.

Во-вторых, это простота использования. СММ требует непосредственный контакт с поверхностью объекта, что не только замедляет, но и усложняет процесс измерения. То же касается ручного сканера: на то, чтобы вручную замерить все участки поверхности кузова, уходит много времени и сил. 3D Scan Room экономит эти ресурсы. Весь процесс измерения кузова на старте проекта по плану должен занимать максимум три часа. При этом есть потенциал увеличения скорости — этого можно добиться за счет ускорения работы робота, а также с помощью оптимизации программы измерения.

Еще одно преимущество 3D Scan Room — точность измерений. Хотя контактная машина тоже дает достаточно точный результат, трехмерный сканер выигрывает и по этому показателю: метрологическая точность устройства в 3D Scan Room составляет 75 микрон, а погрешность измерений колеблется на уровне 0,015 мм. При этом на точность 3D-сканера не влияют такие внешние факторы, как, например, вибрации пола — чего не скажешь о контактной машине. Чтобы избежать таких вибраций и, соответственно, искажения результатов, СММ установлена на толстую стальную плиту, под которую залит специальный фундамент, отвященный от общего фундамента цеха сварки. За счет этого вибрация не передается по полу. Для работы оборудования в 3D Scan Room это не имеет значения. По словам руководителя департамента контроля качества, «если эту машину поставить в цех штамповки, где дрожит пол, она все равно справится, а СММ нет».

В настоящее время проект находится на старте, департамент контроля качества планирует ряд улучшений. Тем не менее, уже сейчас можно с уверенностью сказать, что запуск 3D Scan Room — это важный шаг в процессе оптимизации производства, который позволит сделать контроль качества автомобилей более быстрым, точным и экономичным, и важный шаг на пути к реализации концепции умного производства — Smart Factory.

На производственный процесс в любой момент времени оказывают влияние тысячи переменных, взаимовлияющих и взаимозависимых факторов, и учесть и согласовать их, избежав ошибок и внешних ситуаций, крайне сложно, даже для профес-



Получаемая в результате сканирования 3D-модель измеряемого объекта. Фото: «Хендэ Мотор Мануфактуринг Рус»

сионала. Более того ни одно решение не защищено от влияния человеческого фактора. Технологии цифровой экономики способны взять на себя значительный пласт этой работы и стать серьезным подспорьем для руководителя. 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 качество управленческих решений. 

Материал подготовлен на основании данных:

- 1) Металлоинвест направит на цифровую трансформацию более 1,5 млрд рублей в 2021 году, [Металлоинвест](#);
- 2) Как «Газпром нефть» уже получила 7,2 млрд руб. от цифровизации, [журнал «Сибирская нефть»](#);
- 3) Цифровизация в действии: в «Росэнергоатоме» заработал центр принятия решений, Наталья Лымарь, [«Страна Росатом»](#);
- 4) Дашборды в производстве: цифровизация цехов КАО «Азот», Алина Соколова, [«За большую химию»](#);
- 5) Интерфейс производства: главное о цифровой трансформации «Металлоинвеста», Iron Magazine;
- 6) Как получить 700 млн руб. за год от цифровизации производства, ЗапСибНефтехим;
- 7) Цифровая трансформация производства ОДК, [«Трамплин к успеху»](#);
- 8) Автоматизированная система управления рацелятельностью разработана в «Газпром энерго», Екатерина Шкитова, [«Сфера энергии»](#);
- 9) Химпром запускает ИТ-систему ТИР (Твои Идеи и Решения), [«Химпром»](#);
- 10) Как это работает: 3D Scan Room на заводе «Хендэ Мотор Мануфактуринг Рус»;
- 11) СИБУР оценил эффект от трансформации и цифровизации процессов в 59 млрд рублей, <https://www.sibur.ru/>;
- 12) СИБУР заработает около 3 млрд рублей на визуализации данных к концу 2021 года, <https://www.sibur.ru/>.

- LEAN. ГИД ПО ВНЕДРЕНИЮ 9
- КОНТРОЛЬНЫЕ ЛИСТЫ 75
- ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПОТЕРЬ 86
- ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ 131

БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО

практическое руководство по внедрению

83 ШАГА: ОТ СТАРТА
ПРОЕКТА ДО
ФОРМИРОВАНИЯ
LEAN-КУЛЬТУРЫ

методики: 5S, SMED, TPM,
Рока 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 150 СТРАНИЦ
объем выпуска



[Узнать больше](#)



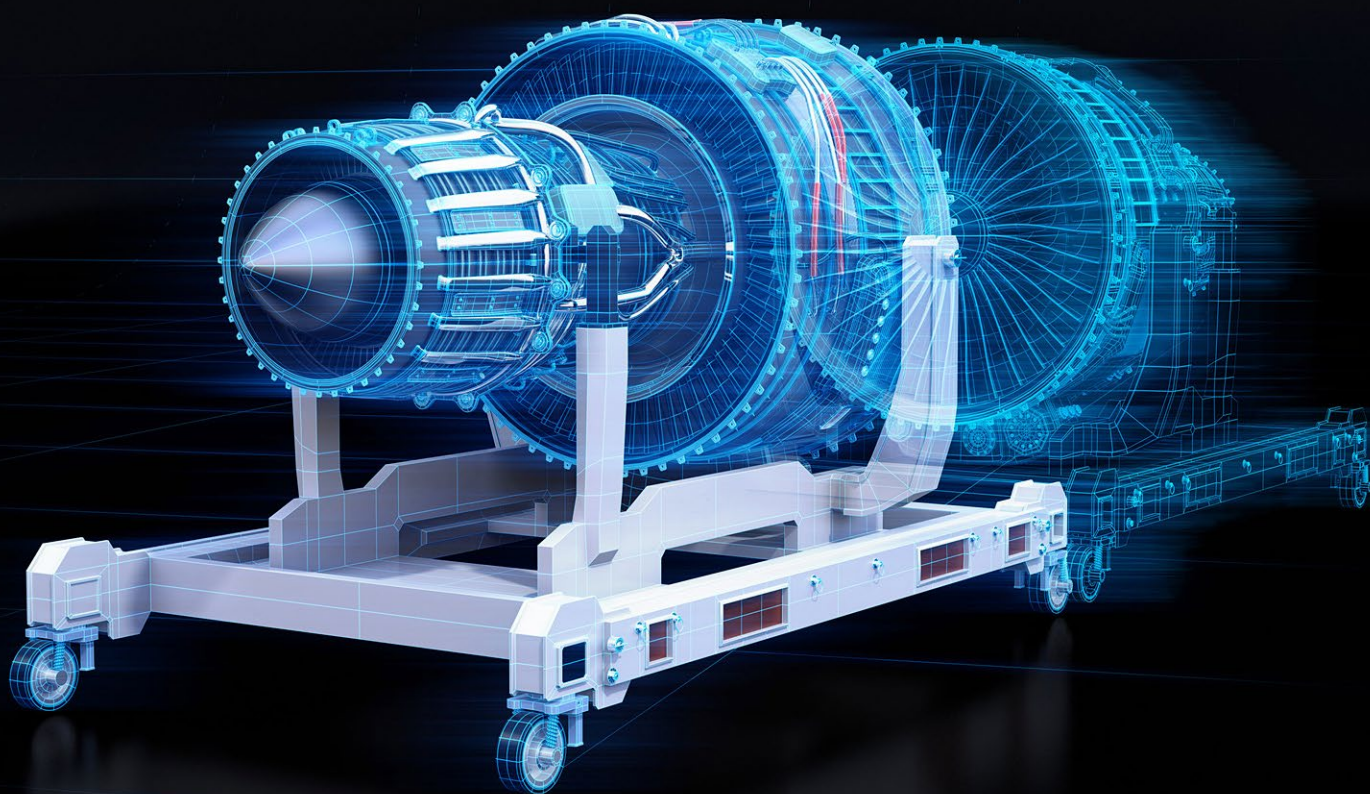
[Демо-версия](#)

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ И 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ

В условиях высокой конкуренции все большее значение для предприятий 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 риски совершения ошибок. И одним из них является 3D-моделирование — создание цифрового двойника производства, виртуальной копии физического мира, единой модели, достоверно описывающей все процессы и взаимосвязи как на отдельном объекте, так и в рамках целого производственного актива.

В этом разделе мы проанализируем возможности математического и имитационного моделирования как в разработке продукта, так и в организации процессов и целых производственных систем, а также обратим внимание на факторы, способные ускорить развитие цифровых двойников.

Цифровые двойники: прошлое, настоящее и будущее



Цифровые двойники появились не сегодня. Самые передовые компании стали вести разработки и исследовать то, как с помощью цифровых моделей можно улучшить продукты и производственные процессы, еще в начале 2000-х годов. Но несмотря на то, что уже тогда был понятен потенциал цифровых двойников, сама идея не получила широкой поддержки в 2002–2003 гг, в первую очередь из-за технического несовершенства технологий того периода. С тех пор, с появлением Интернета вещей (IoT), а позднее и Промышленного Интернета вещей (IIoT), многое изменилось. И сегодня под цифровым двойником мы понимаем виртуальную непрерывно адаптируемую модель технической системы или технологического процесса. О прошлом, настоящем и будущем цифровых двойников — читайте в следующем материале.

Текст: Денис Хитрых, MBA, к.т.н., Директор центра исследований и разработок, директор по маркетингу, АО «КАДФЕМ Си-Ай-Эс». Фото: [cheskyw](#)

Переход к Индустрии 4.0 подразумевает способность компаний интегрировать цифровые и физические технологии для улучшения работы и повышения производительности и требует глубоких изменений. По многим аспектам это — шаг в неизвестность, прыжок в другую реальность, в которой приходится принимать решения в условиях неопределенности и больших рисков.

Для промышленных предприятий Индустрия 4.0 подразумевает интеграцию процессов как по вертикали (по стадиям производства внутри предприятия), так и по горизонтали (интеграция предприятий и юридических лиц в цепочки создания стоимости): от разработки продуктов и их производства до логистики и послепродажного обслуживания.

Четвертая промышленная революция основана на четырех группах новых технологических систем (нано-, био-, информационные и когнитивные технологии), которые при взаимодействии порождают еще около 40 ключевых технологий. Одной из таких технологий является цифровой двойник (англ. Digital Twin). Существует множество определений цифрового двойника (ЦД). При этом научные и промышленные круги определяют цифрового двойника по-разному. Наиболее общее определение ЦД приводится в работе [4]: «Цифровой двойник — это реальное отображение всех компонентов в жизненном цикле продукта с использованием физических данных, виртуальных данных и данных взаимодействия между ними».

Сегодня компании используют возможности цифровых двойников с разными целями. Например, в автомобильной промышленности и самолетостроении цифровые двойники становятся важнейшим



Справка о компании:

АО «КАДФЕМ Си-Ай-Эс» — крупнейший на российском рынке дистрибьютор систем инженерного анализа, а также центр компетенции и элитный партнер компании ANSYS, Inc. Компания «КАДФЕМ Си-Ай-Эс» обеспечивает лицензирование, внедрение и техническое сопровождение всех линеек продуктов Ansys, а также сопутствующих программных продуктов сторонних разработчиков для создания специализированных вертикальных решений. «КАДФЕМ Си-Ай-Эс» также оказывает клиентам комплексные услуги инженерного консалтинга, в том числе выполнение multidisciplinary инженерных расчетов на заказ, разработку методик решаемых задач, развертывание и настройку высокопроизводительных вычислительных комплексов, проводит очное классное и дистанционное обучение, осуществляет интеграцию и адаптацию инженерного программного обеспечения. В эпоху цифровой трансформации «КАДФЕМ Си-Ай-Эс» помогает клиентам внедрять новые технологии Индустрии 4.0 на промышленном уровне и предлагает комплексные услуги по созданию цифровых двойников.

инструментом оптимизации всей цепочки создания стоимости и модернизации выпускаемых продуктов. В энергетическом секторе операторы на нефтедобывающих станциях собирают и анализируют огромные массивы данных из скважины, на основе

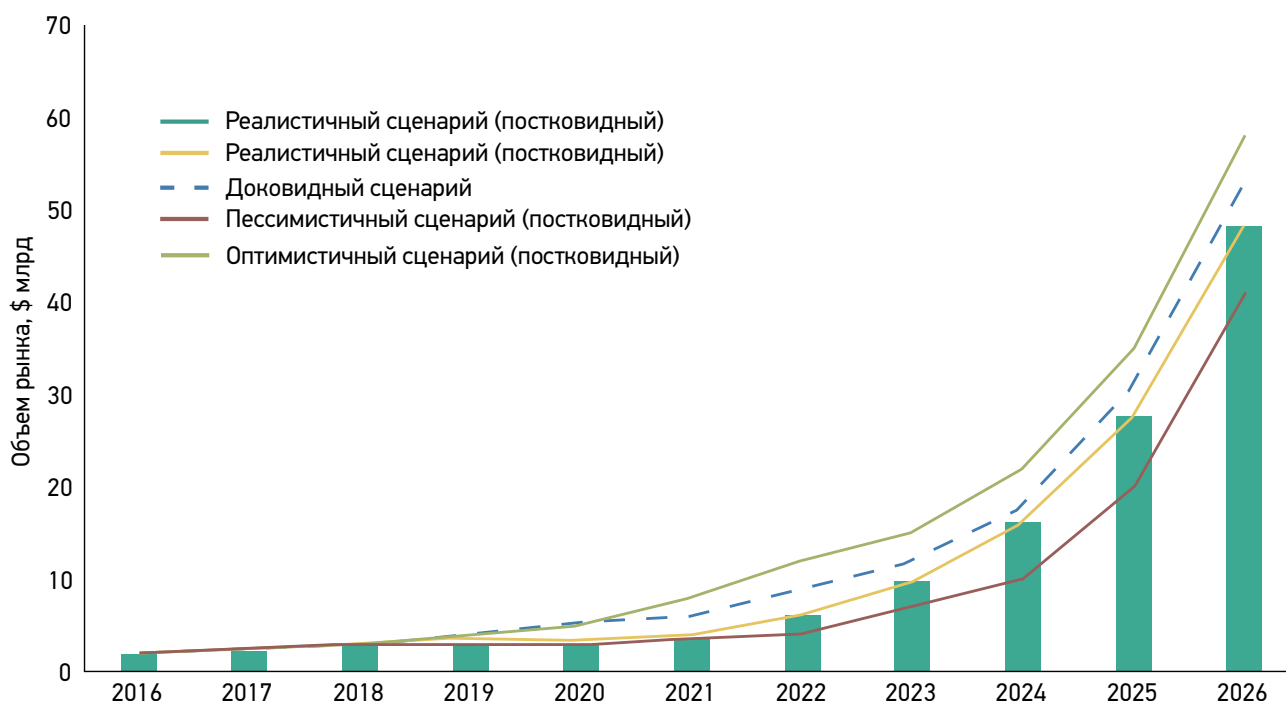


Рис. 1. Прогнозы объема мирового рынка цифровых двойников (доквидный и постковидные сценарии)

которых строятся цифровые модели для управления процессом бурения в режиме реального времени.

Цифровые двойники бывают разными, но все они собирают и используют данные, относящиеся к физическому, реальному миру. Недавнее исследование американского агентства MarketsandMarkets (M&M) показало, что рынок цифровых двойников развивается полным ходом и, по прогнозам экспертов, к 2026 году достигнет 38,2 млрд долларов США. Ожидается, что он будет расти в среднем на 58 % в течение прогнозируемого периода (Рисунок 1).

Растущий спрос на цифровых двойников в здравоохранении и фармацевтической промышленности из-за вспышки пандемии COVID-19 является ключевым фактором, стимулирующим рост рынка цифровых двойников [5]. Из-за COVID-19 промышленное производство также сталкивается со многими проблемами, связанными со здоровьем и безопасностью, цепочкой поставок, устойчивостью поставщиков, нехваткой рабочей силы и др. В текущем сценарии производителям требуется полная прозрачность и гибкость всех этапов, через которые проходит каждый выпущенный товар с момента своего появления на рынке до момента ухода с рынка. Такую прозрачность всех процессов в режиме реального времени может обеспечить только цифровой двойник: он собирает все взаимосвязанные источники данных, которые появляются в процессе проектирования, производства и эксплуатации изделия.

Инвестиции в цифровые двойники

Цифровые двойники появились не сегодня. Самые передовые компании стали вести разработки и исследовать то, как с помощью цифровых моделей можно улучшить продукты и производственные процессы, еще в начале 2000-х годов. Но несмотря на то, что уже тогда был понятен потенциал цифровых двойников, многие компании сочли, что обеспечение вычислительных возможностей, хранения и обработки данных, а также пропускной способности, необходимых для обработки огромных объемов данных, задействованных в создании цифрового двойника, стоят непомерно дорого. И сегодня тренд на развитие цифровых двойников набирает обороты благодаря быстро растущим возможностям моделирования, улучшению совместимости систем, развитию датчиков Интернета вещей и повышению производительности вычислительных систем. В результате возможности цифровых двойников становятся доступны большому количеству компаний, крупных и мелких, работающих в самых разных отраслях. По прогнозам американской аналитической компании IDC, к 2022 году более 40 % поставщиков IoT-платформ интегрируют свои системы и объединят возможности моделирования для создания цифровых двойников, а 70 % процентов

производителей будут использовать эти технологии для моделирования процессов и оценки сценариев.

Эксперты госкорпорации «Ростех» в 2021 году оценили объем инвестиций в развитие российских технологий Интернета вещей в 41,6 млрд рублей. Предложение госкорпорации по инвестированию этой суммы содержится в «Дорожной карте по развитию высокотехнологичных областей интернета вещей». К 2024 году, по итогам реализации «дорожных карт», предполагается увеличение объема продаж российских разработчиков в области технологий распределенных реестров и IoT до 54,3 млрд рублей и 230,9 млрд рублей, соответственно. Совокупная доля российских компаний на мировом рынке, которые будут создавать цифровые продукты для конечных потребителей на базе IoT и технологий распределенных реестров, вырастет в три раза до 1,4 % [1].

Факторы, ускоряющие развитие цифровых двойников

Развитие цифровых двойников, которое мы наблюдаем в последнее десятилетие, ускорили следующие факторы:

Моделирование. Технология цифровых двойников, основанная на законах физики, является относительно новой концепцией. В основе нее лежит компьютерный инженерный анализ (CAE), построенный на принципах классической физики (механики, термодинамики и электродинамики). Если добавить время в качестве четвертого измерения, то появляется возможность оценить поведение оборудования в динамике. Поскольку гибридный цифровой двойник основан на законах физики и механики конструкций, можно оценить такие параметры, как уровень нагрузки или накопленное усталостное напряжение в конструкции, независимо от того, какие данные были получены от оборудования.

Новые источники данных и датчики. Появилась возможность загружать в цифровые двойники данные, получаемые в режиме реального времени от реальных объектов с помощью таких технологий, как LiDAR (лазерная система обнаружения и измерения дальности) и FLIR MSX (технология мультиспектральной динамической съемки, позволяющая получать максимально детализированный тепловой снимок — см. Рисунок 2). Аналогичным образом, датчики Интернета вещей, встроенные в оборудование, могут передавать оперативные данные непосредственно цифровому двойнику, обеспечивая непрерывный мониторинг в режиме реального времени.

Визуализация данных. При тех огромных объемах данных, что необходимы для создания цифровых двойников, достаточно сложно провести анализ и извлечь действительно полезную информацию. Решить этот вопрос могут усовершенствованные системы

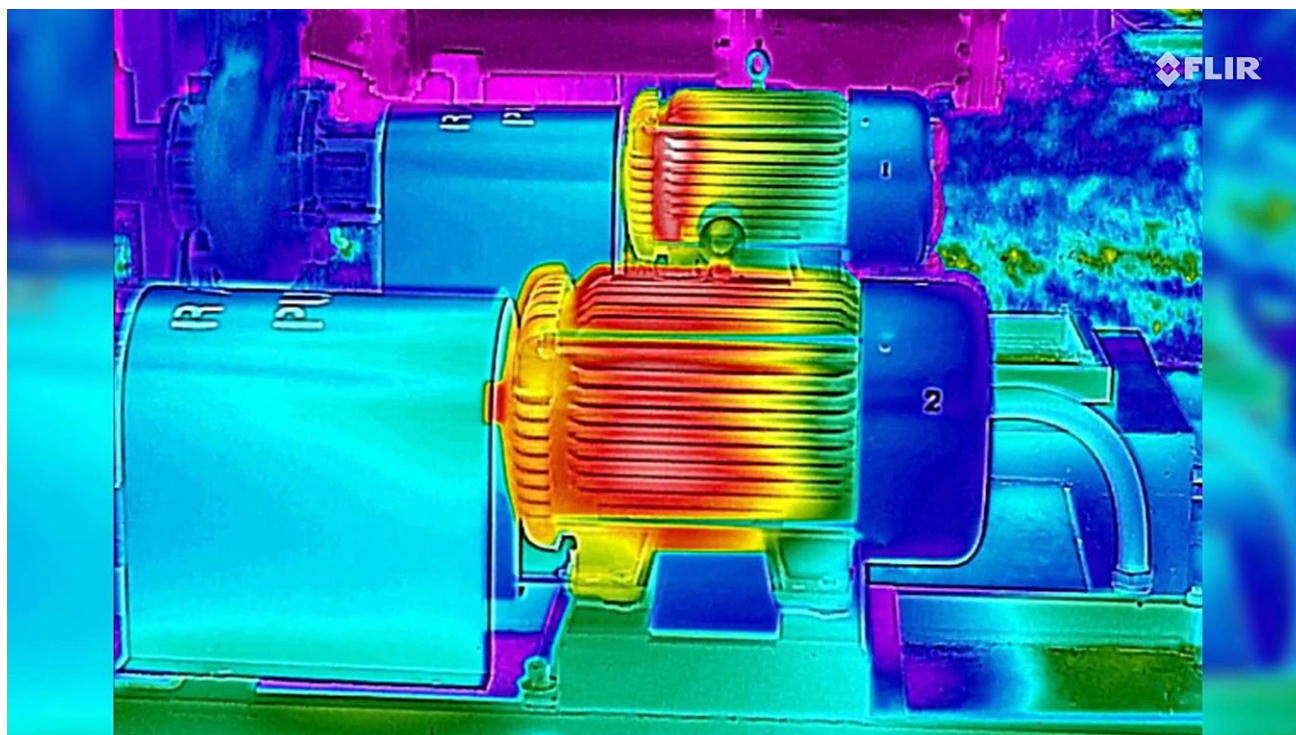


Рис. 2. FLIR MSX — технология мультиспектральной динамической съемки, позволяющая получать максимально детализированный тепловой снимок

визуализации, фильтрующие данные и извлекающие нужную информацию в режиме реального времени.

Платформы. К ключевым факторам, способствующим появлению цифровых двойников, также относится легкодоступность мощных вычислительных ресурсов, сети и хранилищ данных. С учетом ограничений из-за пандемии коронавируса COVID-19, предприятия станут вдвое быстрее переходить на облачную инфраструктуру и приложения, чем в условиях до пандемии. Gartner прогнозирует, что облачные платформы будут служить основой для более чем 95 % новых цифровых инициатив к 2025 году — по сравнению с менее чем 40 % в 2021 году [7].

Российская компания «КАДФЕМ Си-Ай-Эс» осваивает технологию разработки гибридных цифровых двойников промышленного оборудования на основе моделирования и Интернета вещей уже более 6 лет. За это время сотрудниками компании было разработано и внедрено несколько проектов цифровых двойников промышленного оборудования. Свои решения компания «КАДФЕМ Си-Ай-Эс» показывала на многих промышленных выставках и конференциях. Наиболее крупные из них: ЦИПР (Цифровая индустрия промышленной России) — Иннополис, Татарстан, 2019 г.; онлайн-конференция «DIGITAL MANUFACTURING: На пути к Индустрии 4.0», 2021 г.; выставка и конференция Bauma CTТ RUSSIA — Москва, «Крокус Экспо», 2021 г. и др.

В последние два года цены на золото демонстрируют положительную динамику, и у золотодобывающих компаний появились свободные средства для

инвестирования в технологию цифровых двойников. Отвечая на запрос рынка, компания «КАДФЕМ Си-Ай-Эс» совместно с ведущими российскими золотодобывающими компаниями приступила к разработке цифровых двойников технологического оборудования золотоизвлекательных фабрик (ЗИФ).

Цифровой двойник мельницы измельчения

Классические методы увеличения золотодобычи, связанные с освоением новых рудников и строительством золотоизвлекательных фабрик (ЗИФ), являются капиталоемкими и долгосрочными проектами. К моменту их реализации конъюнктура рынка может измениться, и доходность таких проектов может быть снижена. Одним из методов увеличения золотодобычи без больших капитальных затрат и в короткие сроки является применение технологии цифрового двойника. С помощью данной технологии можно улучшить работу уже существующих ЗИФ за счет оптимизации работы участка измельчения.

Мельницы измельчения руды относятся к участку измельчения и требуют наиболее крупных капиталовложений. Согласно исследованию [6], больше половины всей потребляемой ЗИФ электроэнергии расходуется на измельчение руды, и мельницы потребляют большую часть этой электроэнергии. Поэтому для быстрого возврата инвестиций и увеличения прибыльности предприятия, эксплуатирующие компании стремятся максимально увеличить

производительность мельниц при одновременном сохранении в разумных пределах количества потребляемой электроэнергии и длины межремонтных интервалов.

В работе [8] приведен подробный анализ увеличения эффективности затрат за счет оптимизации работы мельницы измельчения через управление футеровкой. К настоящему времени проведено множество исследований, направленных на количественную оценку влияния конфигурации футеровки на динамику загрузки мельницы. Эти исследования показывают, что существует оптимальная конфигурация футеровки для заданного режима измельчения. Поскольку производительность измельчения тесно связана с конструкцией футеровки, мониторинг данных процесса измельчения в течение срока

службы футеровки дает полезный обзор взаимосвязи между производительностью мельницы и профилем футеровки. Сочетание результатов непрерывного мониторинга износа футеровки, прогнозного моделирования износа, лабораторных испытаний износа и усовершенствованной методологии замены футеровки обеспечивает мощную систему управления для прогнозирования влияния конструкции футеровки на производительность мельницы. Соответствующий цифровой двойник мельницы измельчения, разработанный специалистами компании «КАДФЕМ Си-Ай-Эс», основан на использовании комплекса технологий, объединяющего 3D-моделирование процесса измельчения руды в ПО Rocky DEM, ROM-модели и многокритериальной оптимизации (см. рисунки 3 и 4) [3].

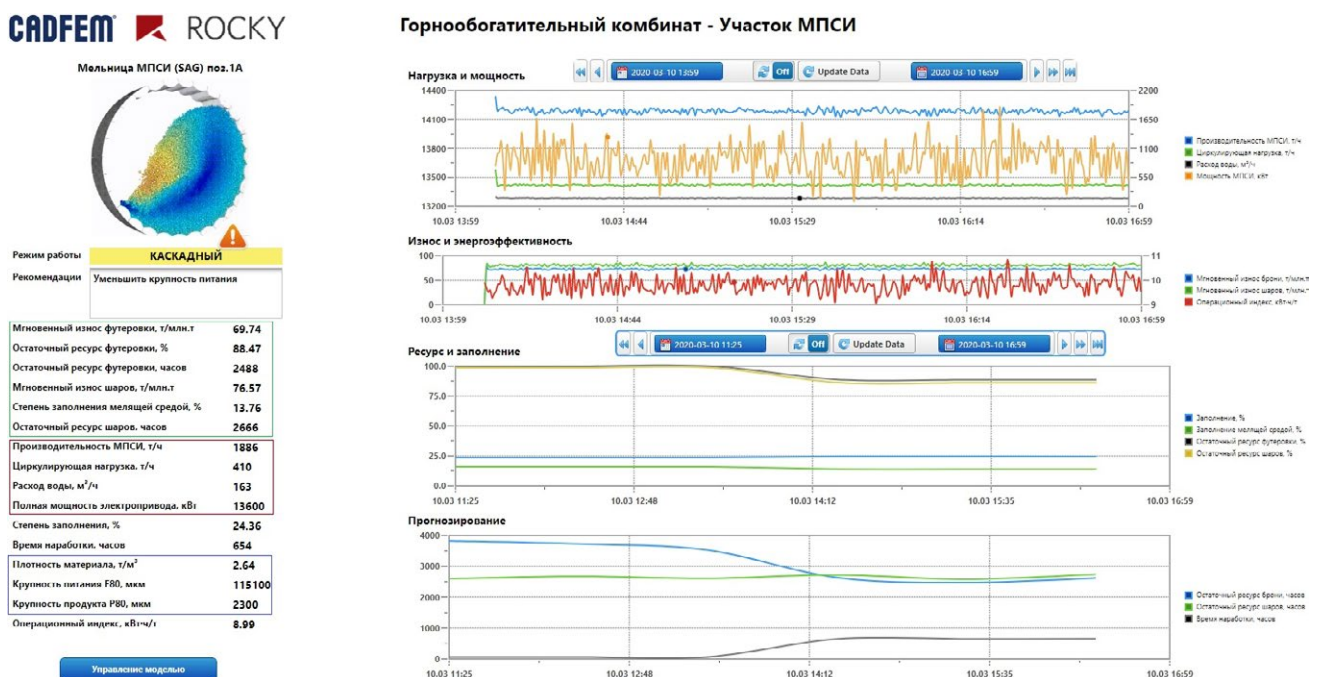


Рис. 3. Интерфейс пользователя цифрового двойника мельницы измельчения

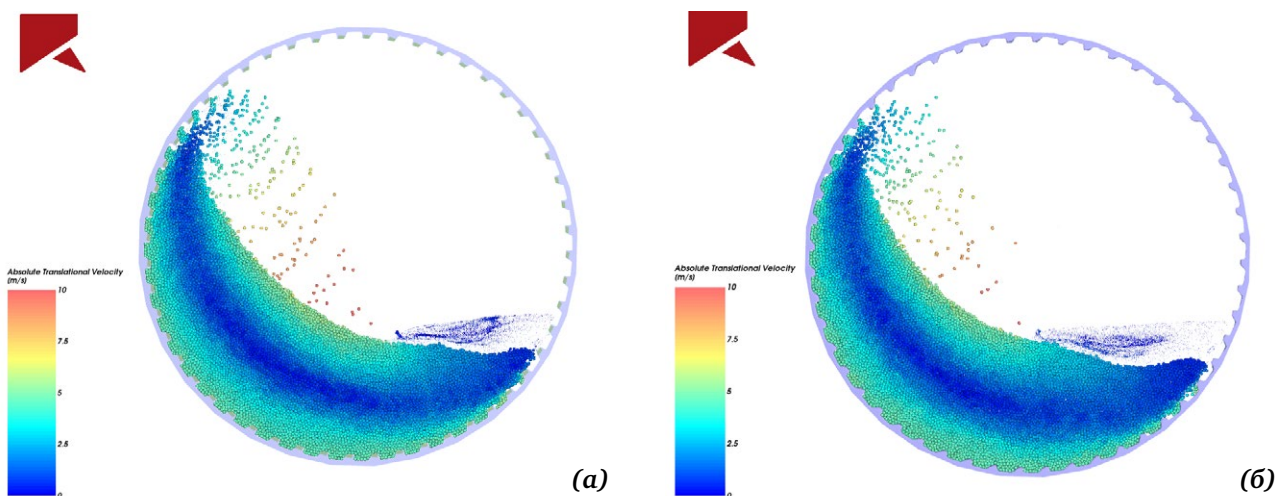


Рис. 4. Моделирование процесса измельчения руды в мельнице с новой (а) и изношенной футеровкой (б)

Цифровой двойник мельницы измельчения решает такие важные производственные задачи, как [2]:

- определение режима работы мельницы;
- прогнозирование износа футеровки во времени с учетом текущего состояния, планируемых режимов работы и загрузки;
- выдача рекомендаций для персонала для поддержания оптимального режима измельчения;
- оптимизация графика планируемых ремонтов и сокращение количества внеплановых ремонтов и простоев.

Опыт таких компаний, как Phu Kham Copper-Gold Operation (Вьетнам), Newcrest Mining Limited (Австралия) и др., показывает, что оптимизация процесса управления футеровкой мельницы за счет внедрения технологии цифрового двойника, позволяет: увеличить объем перерабатываемой руды на 2–5 %; снизить энергопотребление на одну тонну на 2–8 %; сократить количество внеплановых простоев оборудования на 15–20 %.

Расчет экономической эффективности разработки цифрового двойника

Расчет эффективности внедрения технологии цифрового двойника мельницы измельчения был выполнен для одной из ЗИФ крупнейшего производителя золота в России. Ставка дисконтирования (по модели CARM) принималась равной 9.

Расчеты показали, что внедрение технологии цифрового двойника мельницы измельчения на всех золотодобывающих активах компании принесет дополнительной прибыли в размере \$130 млн в год за счет увеличения объема переработанной руды на тех же производственных мощностях. Длительность реализации проекта цифрового двойника составит 12 месяцев; суммарные затраты на инвестиционную стадию проекта составят 132 млн руб. Период окупаемости проекта — 10 месяцев, индекс прибыльности — 3,3 и чистый приведенный доход — 181 млн руб.

Контакты для связи:

АО «КАДФЕМ Си-Ай-Эс»

Телефон: +7 (495) 644-06-08

Факс: +7 (495) 644-06-09

E-mail: sales@cadfem-cis.ru

Список использованных источников:

- [1] 41,6 млрд могут вложить в российские технологии интернета вещей: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2021/03/22/862661-416-mlrd>. (Дата обращения 03.11.21).
- [2] Вдовин К. Н., Феоктистов Н. А., Хабибуллин Ш. М. Исследование динамики износа мельницы полусамозмельчения путем математического моделирования // Теория и технология металлургического производства. № 2 / 2017.
- [3] Золотарев О. В. Применение цифровых двойников в горнодобывающей промышленности: цифровой двойник мельницы измельчения. — Международный форум SEYMARTEC Mining. Эффективность и безопасность горнодобывающей промышленности, Челябинск, 2019.
- [4] Кокорев Д. С., Юрин А. А. Цифровые двойники: понятие, типы и преимущества для бизнеса: [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-dvoyniki-ponyatie-tipy-i-preimushchestva-dlya-biznesa>. (Дата обращения: 03.11.21).
- [5] Размер рынка цифровых двойников. Глобальный прогноз до 2026 года: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/digital-twin-market-225269522.html>. (Дата обращения 03.11.21).
- [6] Таранов В. А. Оценка прочностных свойств руды как фактор повышения эффективности процесса измельчения. / В. А. Таранов, Т. Н. Александрова // Научно-технический журнал Горный информационно-аналитический бюллетень (ГИАБ). № 4 / 2015. С. 119–123.
- [7] Gartner analyst: 12 technologies to accelerate growth, engineer trust and sculpt change in 2022: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.techrepublic.com/article/gartner-analyst-12-technologies-to-accelerate-growth-engineer-trust-and-sculpt-change-in-2022/>. (Дата обращения 03.11.21).
- [8] M. S. Powell, M. M. Hilden, N. Weerasesekara, P. Toor, J. Franke, M. Bird, 2012. A More Holistic View Of Mill Liner Management. Paper presented at the 11th AusIMM Mill Operators Conference, Hobart, TA.

Имитационное моделирование производственных систем: как УИМ ОДК сокращает затраты на производство

3D-моделирование уже давно входит в инструментарий промышленных предприятий. Чаще всего речь идет о создании цифровых моделей объектов, позволяющих существенно снизить затраты на разработку и вывод в производство нового продукта, но этим возможности цифрового моделирования не ограничиваются. В лексикон сотрудников АО «ОДК» не так давно вошло словосочетание «имитационное моделирование производственных систем» (ИМ ПС). Что же это такое и почему руководство холдинга возлагает большие надежды на широкое внедрение этого процесса в производственную деятельность?

Благодарим Пресс-службу АО «ОДК» за предоставление данного материала.



Соколов Илья Львович,
начальник отдела технологического
проектирования АО «ОДК»

По определению, имитационное моделирование — это метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, описывающей ее с достаточной степенью приближения, с которой проводятся эксперименты для получения информации об этой системе. Исходя из определения, ИМ ПС применяется для изучения производственных подразделений (участков, цехов, предприятий) путем создания их цифровых моделей в специальном программном обеспечении и проведении симуляции их работы.

Основная цель, с которой применяется любое моделирование — предупредить возможные ошибки, которые могут в дальнейшем стоить больших потерь времени, денег, а возможно и репутации.

Имитационное моделирование уже достаточно давно применяется в АО «ОДК». В наиболее близкой

**ОСНОВНАЯ ЦЕЛЬ, С КОТОРОЙ ПРИМЕНЯЕТСЯ
ЛЮБОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ — ПРЕДУПРЕДИТЬ
ВОЗМОЖНЫЕ ОШИБКИ, КОТОРЫЕ МОГУТ
В ДАЛЬНЕЙШЕМ СТОИТЬ БОЛЬШИХ ПОТЕРЬ
ВРЕМЕНИ, ДЕНЕГ, А ВОЗМОЖНО И РЕПУТАЦИИ**

нам сфере технологической подготовки производства моделирование нашло свое применение при проектировании технологических процессов и технологической оснастки для литья и обработки металлов давлением. В механической обработке моделирование процессов широко распространено для проверки управляющей программы станков с ЧПУ на предмет возможных столкновений режущего инструмента с элементами рабочей зоны оборудования и оснастки (Рис. 1).

При проектировании нового производства необходимо понимать, сможет ли оно обеспечить выпуск продукции в соответствии с заданной программой, а также какой состав оборудования и в каком количестве потребуется для этого. Ответив на данные вопросы, можно понять, какой объем инвестиций потребуется, каким будет срок окупаемости этого проекта и, наконец, стоит ли вообще реализовывать проект.

Технически имитационные модели представляют собой очередной этап развития информационных систем управления производством, в модели автоматизируются следующие основные процессы:

- 1) Оперативное планирование производства;
- 2) Диспетчеризация производства;
- 3) Технологические процессы изготовления и сборки ДСЕ.

ИМ ПС, в отличие от аналитических расчетов, по итогам проведения симуляции позволяет получить такие показатели работы производственного подразделения, как длительность циклов выпускаемой продукции, уровень и динамику изменения незавершенного производства, размеры очередей деталей на обработку перед оборудованием и многие другие.

При этом важно понимать, что имитационное моделирование производственных и технологических процессов в используемой нами ИС является дискретно-событийным, то есть работа цеха представляется как хронологическая последовательность событий от расчета производственного плана до выпуска продукции.

Внедрение ИМ ПС в АО «ОДК» началось в целях поддержки создания центров специализации. Целью работы было поставлено обеспечение возможности расчета и дальнейшего управления производственной мощностью создаваемых центров специализации. По итогам работы было необходимо получить решение, в котором нужно было лишь изменить

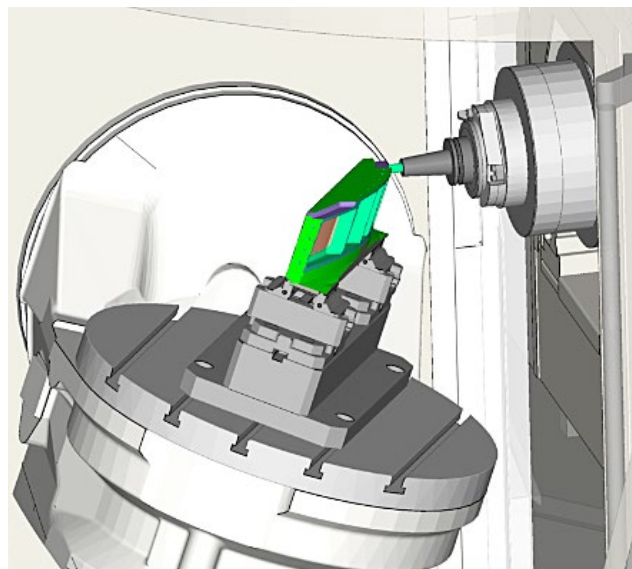


Рис. 1. Имитационное моделирование в механической обработке

количество изделий в программе выпуска и задать необходимые настройки правил управления производством, а всё остальное модель должна выполнять автоматически.

Процесс внедрения ИМ ПС предусматривал несколько основных этапов реализации.

Во-первых, было принято принципиальное решение о том, что модель должна быть одна, а логика ее поведения должна со временем развиваться «в ширину», охватывая новые сущности и процессы.

Следующий, и он же самый важный этап — разработка требований к имитационной модели. Нужно было определить периметр автоматизируемых процессов, основные правила и допущения. В число процессов, которые мы определили для автоматизации в создаваемой имитационной модели, вошли оперативное планирование, диспетчеризация, обработка и сборка ДСЕ. Разработанные требования были представлены и согласованы внутри дирекции по производству. На основании технических требований были разработаны архитектура модели, алгоритмы функционирования основных подсистем, сформирована модель данных. С учетом того, что в имитационную модель должны загружаться данные из имеющихся информационных систем предприятий, она формировалась таким образом, чтобы максимально сократить ручной ввод. Получившееся решение получило название универсальная имитационная модель ОДК (УИМ ОДК).

Самыми трудоемкими этапами стали разработка и тестирование модели на различных данных, так как чем больше требований закладывается в модель, тем сложнее добиться адекватности получаемых результатов. Наиболее сложным было реализовать логику поведения модели для разных видов производств. В АО «ОДК» существуют производственные подразделения как с дискретным,

**БЫЛО ПРИНЯТО ПРИНЦИПИАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ
О ТОМ, ЧТО МОДЕЛЬ ДОЛЖНА БЫТЬ ОДНА,
А ЛОГИКА ЕЕ ПОВЕДЕНИЯ ДОЛЖНА СО
ВРЕМЕНЕМ РАЗВИВАТЬСЯ «В ШИРИНУ»,
ОХВАТЫВАЯ НОВЫЕ СУЩНОСТИ И ПРОЦЕССЫ**

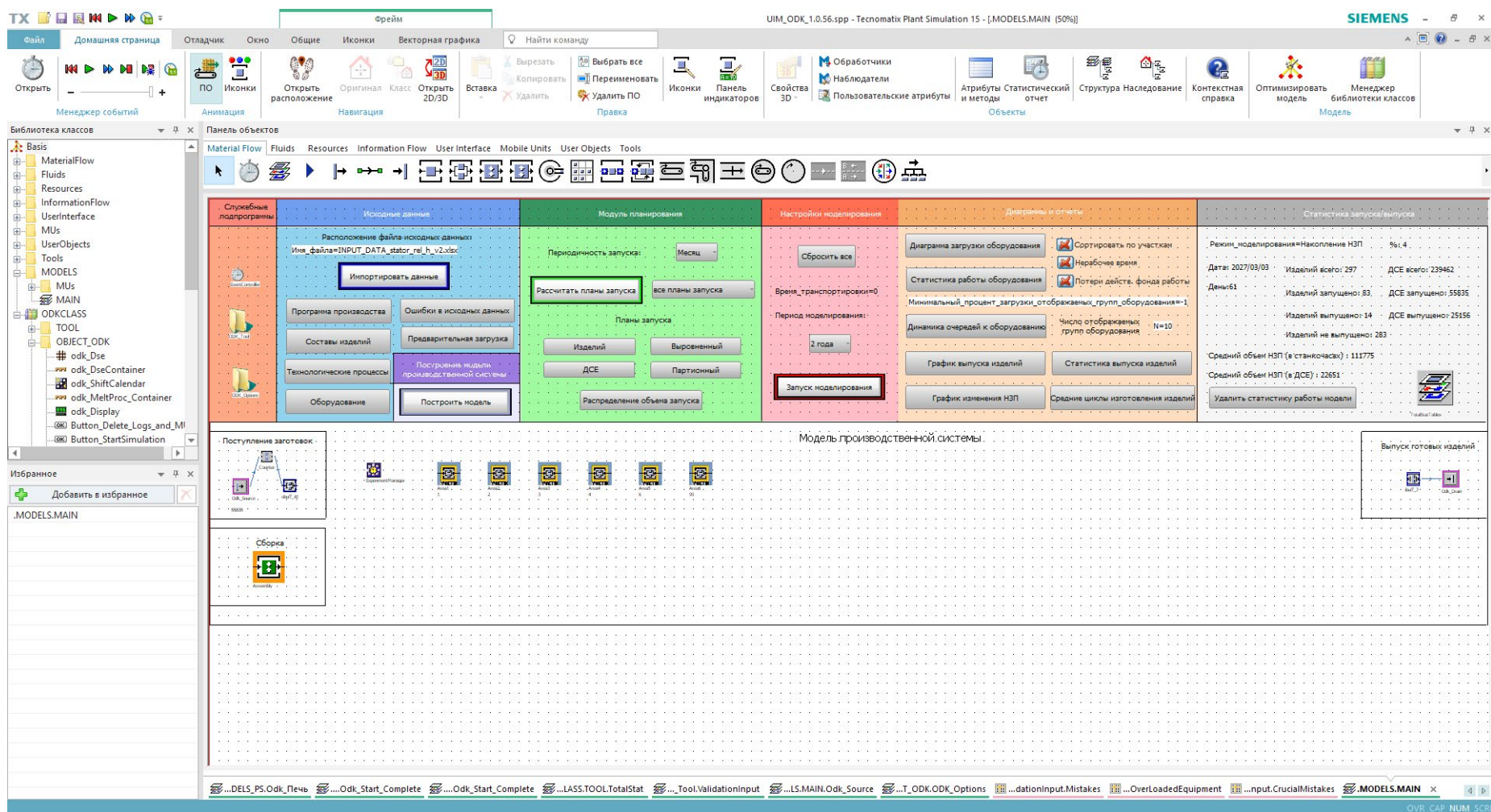


Рис. 2. Универсальная имитационная модель АО «ОДК»

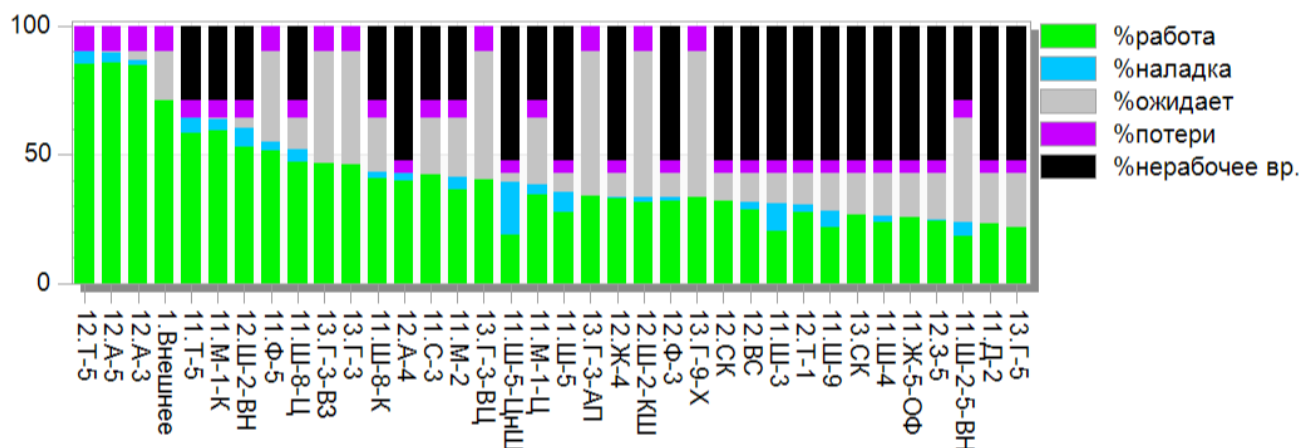


Рис. 3. Загрузка групп оборудования (рабочих центров)

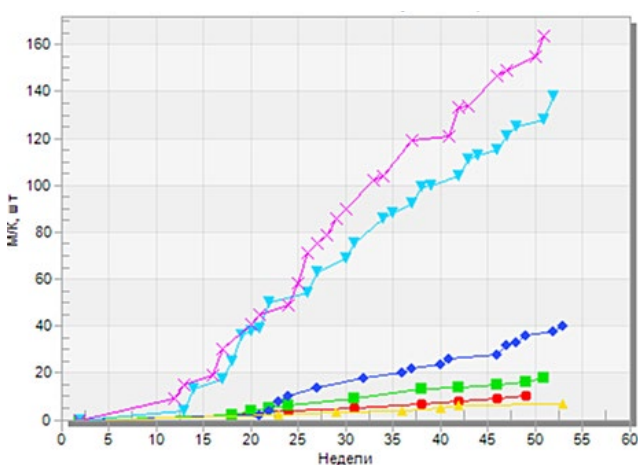


Рис. 4а. График выпуска изделий

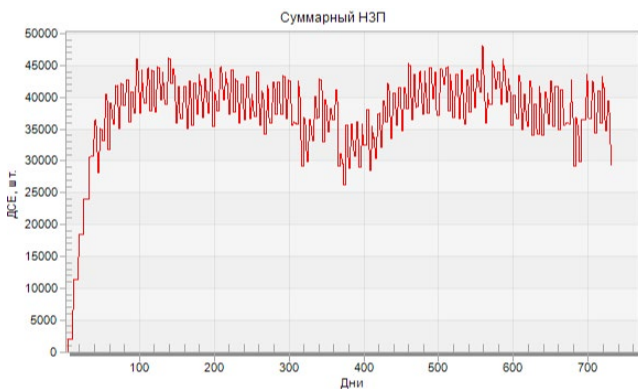


Рис. 4б. Динамика незавершенного производства

**ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НОВОГО
ПРОИЗВОДСТВА НЕОБХОДИМО ПОНИМАТЬ,
СМОЖЕТ ЛИ ОНО ОБЕСПЕЧИТЬ ВЫПУСК
ПРОДУКЦИИ В СООТВЕТСТВИИ
С ЗАДАННОЙ ПРОГРАММОЙ**

так и с рецептурным, сборочным и непрерывным видами производств. Правила управления в них на уровне цехового пола существенно отличаются, ведь в термическом цехе, например, нужно принимать решение, в какой момент целесообразно загружать садку в печь для проведения термообработки на длительный период, если она не полностью укомплектована. В механосборочных и сборочных цехах при сборке разных узлов, имеющих в составе одинаковые детали, необходимо определять, какой из них нужно укомплектовать этими деталями раньше для достижения лучшего результата. Необходимо реализовать это в модели, причем так чтобы данные решения принимались программой автоматически и были с точки зрения человека логичными. Подтверждение адекватности модели выполнялось как расчетами, так и заключением руководителей моделируемых производственных подразделений.

В результате к сегодняшнему дню удалось создать решение, с помощью которого можно провести оценку пропускной способности уровня цеха с получением всех основных его характеристик, которое уже сейчас можно применять, в первую очередь, для оценки целесообразности реализации инвестиционных проектов. В целях внедрения ИМ ПС в операционную деятельность в 2020 году была утверждена инструкция И ОДК 369, согласно которой с текущего года целесообразность реализации инвестиционных проектов для включения в Инвестиционную программу АО «ОДК» подтверждается имитационным моделированием.

В дальнейшем с расширением функциональных характеристик и повышения достоверности имитационного моделирования УИМ ОДК можно будет применять для оценки выполнимости производственного плана в действующем производстве, а также при реализации проектов в области развития производственной системы. 

ОКБ Сухого: суперкомпьютер на службе авиастроения



За последние десятилетия в процессе проектирования и разработки новой авиационной техники произошли значительные изменения. В отечественной авиастроительной отрасли состоялся переход к новой технологии проектирования, основанной на всеобъемлющем использовании современных средств вычислительной техники. Благодаря этому кардинально увеличились объемы математического, имитационного и суперкомпьютерного моделирования. Лидером в этой области в российском авиапроме стала компания «Сухой», для которой суперкомпьютерные технологии являются одним из важнейших компонентов процесса проектирования авиатехники. Как выглядит процесс разработки и испытаний самолетов в опытно-конструкторском бюро Сухого?

Текст: Константин Лантратов. Фото: АО «Компания «Сухой»

Благодарим Департамент корпоративных коммуникаций ПАО «Объединенная авиастроительная корпорация» за предоставление данного материала.

От матмоделирования к суперкомпьютеру

История применения математического моделирования в ОКБ Сухого начинается с 1970-х годов, когда велась работа по созданию первой отечественной системы автоматизированного проектирования, ориентированной на задачи авиационной промышленности. А в самом начале этого тысячелетия бюро было одним из пионеров по применению электронного макета изделия — базовой технологии для применения высокоточных физико-математических моделей. Сегодня в «Сухом» суперкомпьютерные технологии используются практически на всех этапах разработки новых образцов авиационной техники. С их помощью рассчитываются будущие оптимальные характеристики, существенно улучшаются потребительские свойства продукции. Кроме того, математическое моделирование позволяет провести такие испытания, которые невозможно реализовать на натурных образцах.

Заметен эффект от применения математического моделирования и в сроках проведения опытно-конструкторских работ. Выполнив обобщение разномасштабных по времени и физическим процессам математических моделей, обеспечив многодисциплинарность — то есть взаимодействие дисциплин за счет различных принципов связывания, формируется комплекс математических моделей. Этот комплекс, также называемый «виртуальная модель функционирования», дает первичное представление о поведении проектируемого изделия, о его характеристиках еще на начальном этапе — еще до появления первых опытных образцов, позволяя как можно раньше отвергнуть или принять отдельные технические решения. На этапе стендовых, наземных и летных испытаний модель будет уточняться. После выполнения первых натурных испытаний проводится валидация — то есть осуществляется подтверждение достоверности виртуальной модели функционирования реальному экземпляру, и только тогда виртуальная модель функционирования становится функциональным «цифровым двойником» изделия. Благодаря применению виртуальной модели функционирования и функционального цифрового двойника возможно сокращение всего цикла опытно-конструкторских работ по срокам на 10–20 %. Этого возможно достичь за счет синергии: высокой готовности первых образцов к испытаниям, снижения объема конструкторских и государственных сертификационных испытаний.

Сегодня суперкомпьютерные технологии представляются в виде пяти главных составляющих, где основная — это вычислительные ресурсы; ими в ОКБ Сухого занимаются ежедневно. Вторая составляющая — это набор отечественных пакетов программ по различным дисциплинам и способам их увязки между собой, например, пакет одномерного анализа, среда моделирования динамических многокомпонентных механических систем.

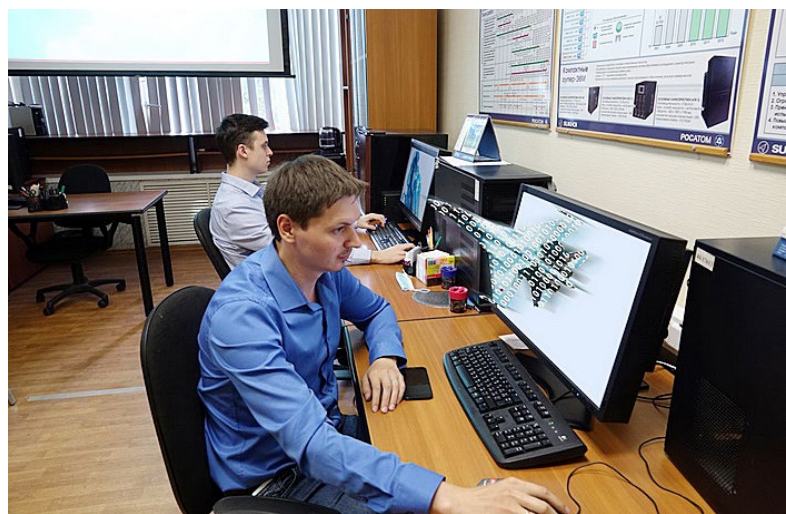
Для того чтобы проверять адекватность всех моделей, в ОКБ Сухого бережно хранятся данные экспериментов, которые проводились как на территории бюро, так и с помощью смежников, и, самое главное, в летно-исследовательских центрах компании в Ахтубинске и в Жуковском. Это — третья составляющая.

Четвертая составляющая — это регламенты и нормативы, которые позволяют все больше и больше интегрировать эти модели в процесс проектирования. А пятая — подготовка кадров. Эта работа ведется давно, во многих вузах, и в МАИ как базовом университете — поставщике кадров для КБ. «Сухой» проводит дополнительную подготовку молодых специалистов, ориентируя их на решение прикладных задач, которые происходят в реальной практике. Это дает им возможность быстрее погрузиться в производственный процесс.

Решение мультифизических задач

Изначально в конструкторском бюро было несколько десятков специалистов, а два года назад руководство предприятия приняло решение усилить направление, создав специальный научно-исследовательский центр суперкомпьютерных технологий. Сейчас в центре работает более тридцати человек, дополняя мощности КБ. Подразделения центра территориально разделены в силу различия обрабатываемой информации. На открытой площадке расположены инженеры-расчетчики для разработки новых технологий моделирования. Научно-исследовательский центр состоит из ряда бригад по направлениям и уровням математического моделирования, а также из нескольких подразделений, которые обеспечивают организационное управление проектной деятельностью и вычислительными ресурсами, взаимодействие с кооперацией и внешними заказывающими организациями в области научного и экспериментального сотрудничества.

Работы построены таким образом, чтобы максимально оперативно взаимодействовать с тема-



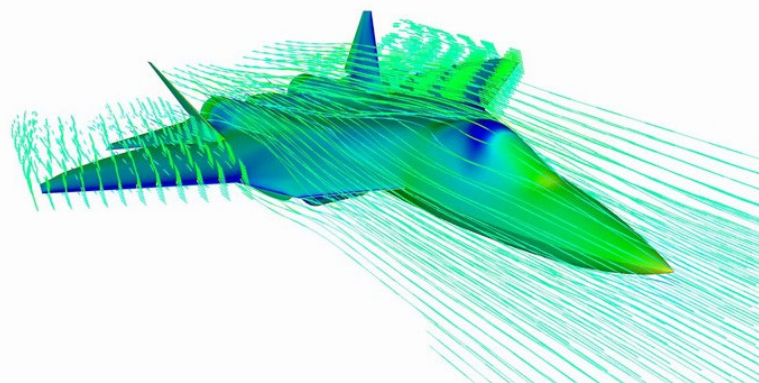
Работа в центре суперкомпьютерных технологий ОКБ Сухого

тическими подразделениями конструкторского бюро для подключения к решению задач, стоящих перед конструкторами, и обеспечения их квалифицированной научно-технической поддержкой. Тем самым, проектировщикам легче выбрать лучший вариант конструкции и обоснованно утвердить его у главного конструктора изделия.

На счету центра суперкомпьютерных технологий ОКБ Сухого уже много крупных достижений в области различных мультифизических задач, в том числе модели движения самолета на больших углах атаки, нестационарная аэродинамика при отклонении органов управления и при их отказах, многочисленные задачи по применению авиационных средств поражения и отделяемых грузов.

«Особую гордость у нас вызывает методика расчета работы системы пожаротушения для самолета С-70Б, которую компания «Сухой» разработала совместно с российским федеральным ядерным центром РФЯЦ-ВНИИЭФ, — рассказывает главный конструктор суперкомпьютерных технологий ОКБ Сухого Александр Корнев. — На базе отечественного программного продукта инженерного анализа были разработаны подробные компьютерные модели системы пожаротушения и отсеков силовой установки. Гидравлическая часть содержит полные 3D-модели огнетушителей, системы разветвленных трубопроводов с коллекторами, более 500 форсунок для распыления огнегасящей смеси. Газодинамическая модель, состоящая из примерно 50 млн ячеек, основана на детализированных геометрических обводах отсека со всеми конструктивно-компоновочными особенностями, включая воздухозаборный тракт, двигатель с обвязкой и эжекторной частью сопла. Эти модели прошли валидацию на базе ранее проведенных стендовых и летных испытаний самолетов Су-35 и Су-57. Выполненные расчетные исследования убедительно доказали достаточность системы пожаротушения. Математическое моделирование позволило существенно сократить ресурсы, которые надо было затратить на создание системы пожаротушения С-70Б, время работ сократилось в несколько раз, финансовых средств потратили меньше в несколько десятков раз!

Еще один пример. Существует целый класс так называемых связанных задач. Их решение дает возможность существенно повысить точность определения характеристик летательного аппарата. Самолет — конструкция упругая, которая при различных внешних воздействиях деформируется. Эти деформации влияют на аэродинамику — изменяется интерференция отдельных агрегатов. Классическая аэродинамика подразумевает абсолютно жесткий самолет, а прочность учитывает аэродинамику довольно упрощенно, эти допущения вносят неточности в расчеты. Соединив дисциплины, избавив от допущений и неточностей, удастся получить нагружение, соответствующее реальному, и исследовать полную



Модель обтекания самолета при полете на крейсерском режиме

картину обтекания с учетом деформаций. Это так называемая статическая и динамическая упругость. Это очень важно, особенно для наших высоконагруженных конструкций, испытывающих высочайшие перегрузки при нахождении в различных сложных атмосферных условиях и в условиях применения авиационных средств поражения. Такая связка дает возможность сократить отдельные виды испытаний по аэродинамике и прочности, и быстрее выйти на другие виды испытаний».

Аэродинамические ячейки в один микрон

Точность и детализация моделей обуславливаются экспериментальными данными, с которыми их необходимо сравнить.

«Если мы понимаем, что простая модель не удовлетворяет требованиям по точности достоверному эксперименту (а эксперимент обязательно должен быть достоверным, в противном случае сравнение бессмысленно), мы повышаем точность различными способами: например, используем другую физическую модель, прошедшую всестороннюю валидацию. На базе суперкомпьютерных технологий мы можем построить дискретную модель большой размерности. Такими постепенными шагами мы подбираем рациональное сочетание настроек и состав расчетной модели, чтобы она максимально адекватно описывала все происходящее и давала максимальный эффект за приемлемое время расчета, — поясняет Александр Корнев. — Такая модель предоставляет качественное решение во всех точках исследуемого пространства. Это дает возможность инженеру получить более богатую информацию для анализа, чем в натурном эксперименте. Например, для аэродинамики мы строим сетки такого размера, что, например, толщина первой ячейки — несколько микрон, а общий объем дискретной модели доходит до сотен миллионов ячеек. Можно и больше, но пока мы не располагаем достаточными вычислительными ресурсами для сеток миллиардного и более количества ячеек. Это уже ближайшее будущее, к которому мы стремимся».

Подтверждение достоверности модели

Для проверки достоверности модели в ОКБ Сухого опираются на несколько уровней. Технология математического моделирования в задачах испытаний методически постулируется в трех формах и их комбинациях. Первая форма — компьютерная модель состоит из совокупности отдельных моделей, каждую из которых можно проверить на элементарных образцах и на элементарных экспериментах. Это делается достаточно быстро, и это — достоверно.

Второй способ доказательства достоверности — от прототипа. Например, создано и испытано изделие. Затем создается его математическая модель, проверяется адекватность этой модели на ранее проведенных экспериментах, после чего строится точно такая же модель для вновь создаваемого изделия. Тем самым гарантируется ее адекватность для проверенной области физических процессов.

Третий подход, как отмечает Александр Корнев, распространен в автомобильной промышленности: «Доказательство пассивной безопасности современных автомобилей обеспечено с помощью виртуальных моделей. По всем нормам нужно проводить около 200 краш-тестов для каждого кузова — это огромные деньги и сроки. Сейчас проводят только два краш-теста, случайно выбранных сертифицирующим органом, а 200 требуемых, перед началом натурных испытаний, проводятся на суперкомпьютере и предъявляются на сертификацию. После проведения двух случайно выбранных тестов осуществляется поверка с ранее проведенными виртуальными экспериментами. Если их результаты попадают в заданные доверительные интервалы, вся номенклатура из 200 виртуальных испытаний будет засчитана, и автомобиль сертифицирован по пассивной безопасности».

ОКБ Сухого предлагает точно такой же подход. Когда самолет уже существует, с использованием первых двух способов готовится виртуальная модель. На ней проводится весь цикл виртуальных испытаний. Подойдя к натурным испытаниям, выборочно из всей планируемой программы выбирается несколько режимов, которые назначает испытательный центр. На них проводятся натурные испытания. Результаты сравниваются с виртуальными. Если все хорошо, мы перешагиваем через массу рутинных и дорогостоящих натурных испытаний, а самолет переходит к другой группе испытаний. Так можно сокращать количество испытаний.

Подобная работа предполагает очень высокий уровень требований к инженеру-расчетчику. Это связано со значимостью результатов математического моделирования как в проектировании, так и в испытаниях. Все применяемые модели должны быть обоснованы, тщательно задокументированы

и проверены экспертами. Иначе виртуальные испытания не могут быть приняты для сокращения и замены натурных.

Взгляд в будущее

Сегодня в развитии возможностей математического моделирования в ОКБ Сухого ориентируются на многосвязанность моделей. Она дает возможность повысить точность, понять, что происходит в конструкции, в газе, жидкости, которые принимают участие в описываемом эксплуатационном сценарии.

Один из примеров многосвязанных моделей — это модели всех систем. В самолете очень много агрегатов, которые работают одновременно в разных средах: гидрожидкости, топливо, воздух, всевозможные газы, электричество. Объединить их и создать комплексную математическую модель, описывающую все эти компоненты и рабочие тела, сейчас возможно, используя упрощенные модели, что позволяет моделировать рядовые эксплуатационные ситуации. В случае необходимости проверки работы каждого агрегата на переходных или на каких-то критических режимах, этот маленький промежуток времени — например, несколько секунд — описывают с помощью высокоточных моделей, после чего набором данных результаты переносятся в комплексную модель. Это дает возможность посмотреть, как вся система отреагирует на такие ситуации в локальной зоне. Но описать одновременно все компоненты самолета сейчас не представляется возможным.

«Это невозможно из-за отсутствия вычислительных ресурсов, — поясняет главный конструктор суперкомпьютерных технологий ОКБ Сухого. — Сейчас у нас на фирме есть доступ к суперкомпьютерам суммарной производительностью около сотни терафлопс — сто триллионов операций в секунду. В ближайшее время мы планируем поднять этот уровень до петафлопса. В ближайшие 1–2 года в мире появится эксафлопсовые машины. Есть классы задач, в которых такая производительность может быть применена: молекулярная динамика, исследования биологических процессов. Но такие машины для наших задач не очень подходят. Поэтому машины нашего класса немного отстают от общего тренда. Тем не менее, создание комплексной математической модели — всеобъемлющей и высокоточной — возможно, по прогнозам ведущих мировых специалистов, в ближайшие 50–80 лет. К этому мы когда-нибудь придем. Но такую задачу надо решать уже сейчас, как можно более правдиво. Поэтому мы используем границу по производительности и подтягиваем наши возможности по матмоделям — применяем рациональный подход, все время повышаем границу качества модели по мере того, как у нас появляются новые вычислительные ресурсы».

ГРУППА ГМС

ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

ЦЕЛИ ПРОЕКТА

ОСНОВНАЯ ЦЕЛЬ - ВНЕДРЕНИЕ ЛУЧШИХ ОТРАСЛЕВЫХ ПРАКТИК УПРАВЛЕНИЯ

- Оптимизация и реорганизация бизнес-процессов с использованием лучших отраслевых практик
- Синхронизация управления производством, планирования проектных работ
- Обеспечение точной оценки сроков изготовления заказов
- Координация конструкторских и производственных подразделений
- Автоматизация деятельности предприятия дивизиона Промышленные насосы и Торговой компании, от получения заказа до отгрузки

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА



НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ЗАВОДЕ

Автоматизированы основные
производственные процессы:

- Планирование, от заказов на реализацию до выпуска
- Формирование и учет производственных заказов, сменно-суточных заданий
- Планирование и учет снабжения (обеспечение материалами и комплектующими)
- Управление складским хозяйством, логистика
- Управление сбытом



В ТОРГОВОЙ КОМПАНИИ

Автоматизированы сквозные
процессы:

- Первичное конфигурирование заказов (до формирования НСИ)
- Техническая проработка заказов, формирование спецификаций
- Формирование заказов на закупку и комплектацию
- Прослеживаемость исполнения заказов
- Управление складским хозяйством, логистика
- Интеграция с системами документооборота

«Внедрение полнофункциональной ERP- системы, содержащей лучшие практики отраслевых бизнес-процессов, такой как Infor LN, — это правильный путь. Система ERP – это ядро автоматизации производства»

Михаил Василевский,

директор Дирекции информационных технологий Группы ГМС

Деловой портал «Управление производством». www.up-pro.ru

Хотите, чтобы о вашем профессионализме
и достижениях узнали тысячи коллег?

Приглашаем Вас поделиться своим опытом
на страницах альманаха
«Управление производством»!



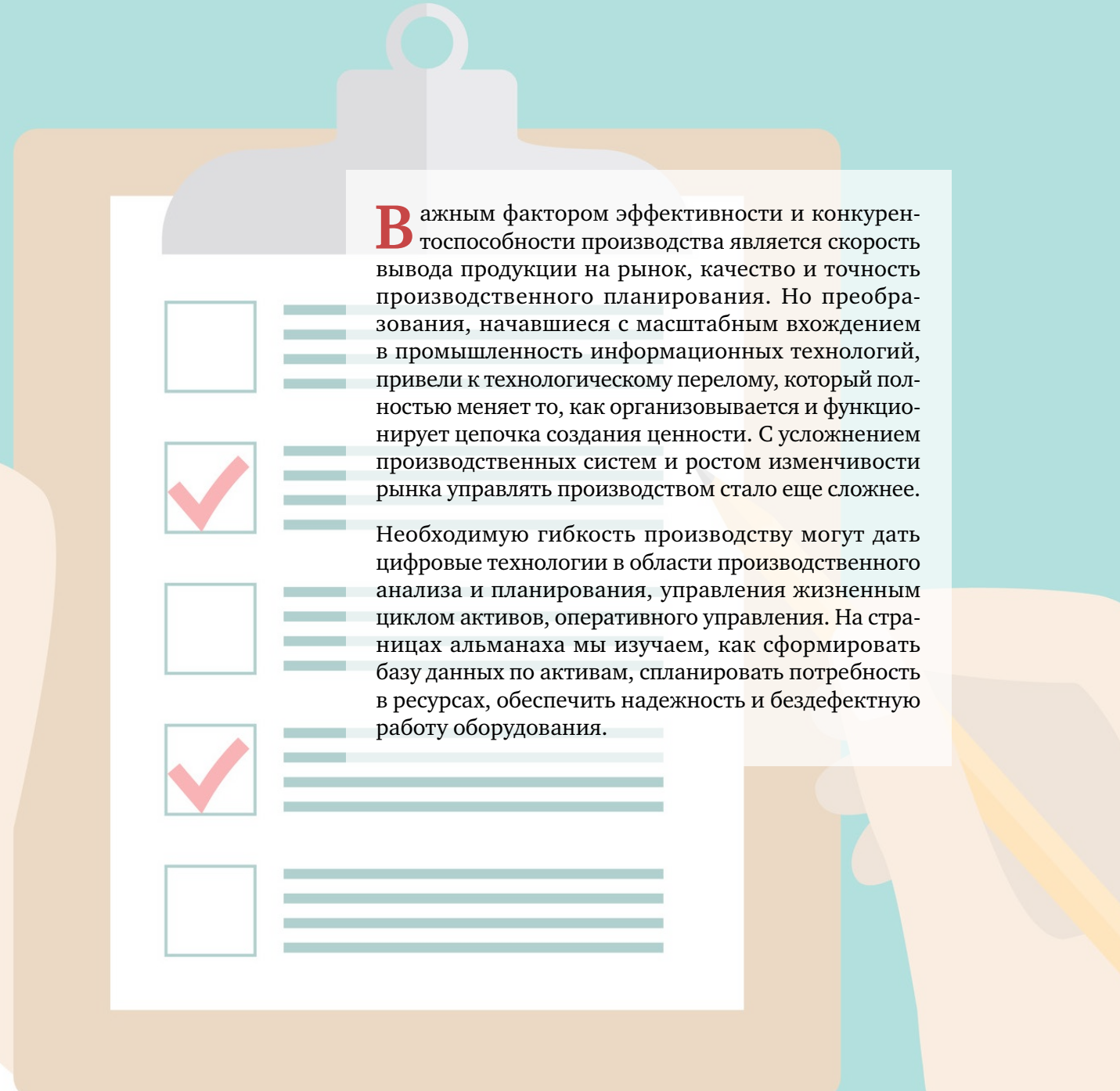
*Поделитесь своим опытом —
он может быть полезен очень многим!*

Мы готовы бесплатно опубликовать статью о ваших проектах и профессиональном опыте в альманахе «Управление производством». Если будет нужна помощь наших журналистов в определении тематики, концепции и финальном оформлении вашей статьи — поможем!

Важно: к бесплатной публикации принимаются статьи, не носящие рекламный характер, а также материалы, соответствующие тематике альманаха «Управление производством».

Ждем Вас, пишите нам на info@up-pro.ru!

УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ



Важным фактором эффективности и конкурентоспособности производства является скорость вывода продукции на рынок, качество и точность производственного планирования. Но преобразования, начавшиеся с масштабным вхождением в промышленность информационных технологий, привели к технологическому перелому, который полностью меняет то, как организовывается и функционирует цепочка создания ценности. С усложнением производственных систем и ростом изменчивости рынка управлять производством стало еще сложнее.

Необходимую гибкость производству могут дать цифровые технологии в области производственного анализа и планирования, управления жизненным циклом активов, оперативного управления. На страницах альманаха мы изучаем, как сформировать базу данных по активам, спланировать потребность в ресурсах, обеспечить надежность и бездефектную работу оборудования.

Жизнь производственного актива: как ее продлить с минимальными затратами



Как сформировать базу данных оборудования, спланировать ремонтные работы, потребность в ресурсах и проанализировать результат? О подходах к автоматизации этапов жизненного цикла производственного актива на примере российского решения ТУРБО ТОРО — Сергей Ушаков, архитектор бизнес-систем, компания Sciener (Консист Бизнес Групп).

Текст: Сергей Ушаков, архитектор бизнес-систем, компания Sciener (Консист Бизнес Групп).
Фото: компания Sciener (Консист Бизнес Групп)

Производственные активы — основа функционирования современного предприятия. Что о них нужно знать, чтобы обеспечить непрерывность производственного процесса? Об активах нужно знать все — количество, состояние на текущий момент, надежность, а также стоимость содержания, которая составляет значительную часть расходов капиталоемкого производства. Иначе невозможны грамотные управленческие решения.

Предприятия несут как эксплуатационные расходы на обслуживание оборудования, зданий и сооружений, так и капитальные затраты на модернизацию производственных линий. Для оптимизации

стоимости содержания и повышения рентабельности использования актива необходим постоянный баланс между затратами на содержание активов и рисками их отказов или потерь.

Управление производственными активами подразумевает систематический контроль связанных с ними режимов эксплуатации, рисков и расходов. Автоматизированную поддержку выполнения этих функций на каждом этапе жизненного цикла активов обеспечивают современные информационные системы. Одним из примеров основы для создания системы управления производственными активами является решение ТУРБО ТОРО.

Чем управлять

Какие именно производственные активы есть в компании и где они расположены, как активы взаимосвязаны, как и сколько работает актив, как часто и какие именно виды обслуживания производились — ответы на эти вопросы дает ТУРБО ТОРО. Система позволяет понимать, как часто и где происходили отклонения от нормального режима эксплуатации, какие воздействия планировались и как выполнялись работы по обслуживанию (план/факт), сколько это стоит и как менялось состояние актива.

ТУРБО ТОРО — отечественная система класса EAM (Enterprise Asset Management), построенная на российской программной платформе. Это кросс-отраслевое решение, которое может быть применено для управления производственными активами в энергетике, металлургии (цветная, черная), горной промышленности, транспорте (в том числе транспортные хабы), нефтедобыче и нефтепереработке, машиностроении, ЖКХ, целлюлозно-бумажной промышленности.

Система ТУРБО ТОРО полностью соответствует требованиям законодательства в области импортозамещения, так как построена на платформе ТУРБО Х из Реестра российских программ для ЭВМ и поддерживает различные СУБД. Встроенные передовые технологии многомерного аналитического учета, система параметрических настроек для максимально гибкой адаптации процессов и технологии

SCIENER

Справка о компании:

Sciener — российская ИТ-компания, входит в одну из крупнейших российских консалтинговых групп «Консист Бизнес Групп» (группа ЛАНИТ). Работает на ИТ-рынке с 2002 года. Специализируется на комплексной автоматизации предприятий на российских и зарубежных программных платформах. На счету Sciener более 100 проектов внедрения в крупных компаниях различных отраслей — электроэнергетике, промышленном производстве, агрохолдингах.

По направлению EAM компания Sciener предлагает решение ТУРБО ТОРО для управления полным жизненным циклом производственных активов от приобретения до списания. Решение позволяет вести учет оборудования, планировать ремонты и обслуживание, управлять приоритетами на ремонты, управлять нарядами, расследовать отключения, использовать мобильные сервисы для обходов и диагностики.

Решение ТУРБО ТОРО построено на высокопроизводительной low-code платформе ТУРБО Х, входящей в Реестр российского ПО. Платформу отличает высокая скорость обработки больших объемов данных за счет OLAP in-memo и встроенные средства для быстрого создания приложений. Не имеет ограничений по отраслям и задачам.

www.sciener.ru



Рис. 1. Система управления активами, требования по ISO 55001:2014

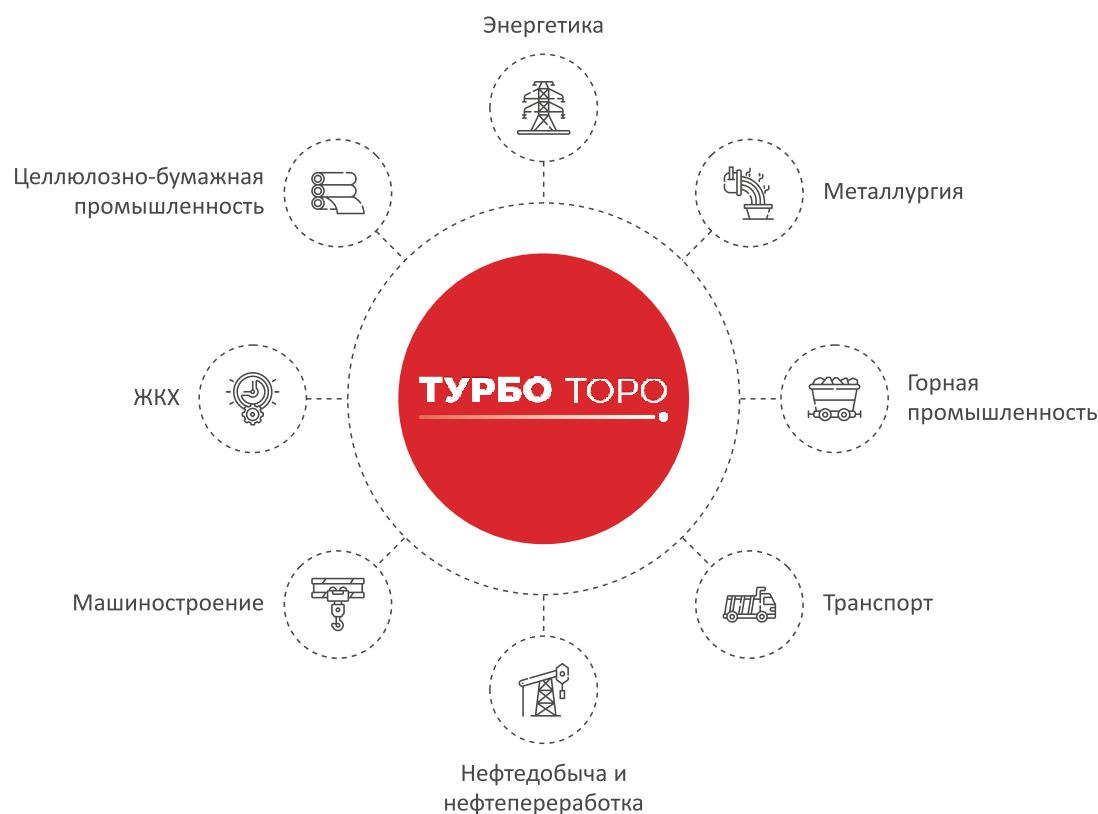


Рис. 2. Отрасли применения ТУРБО ТОРО

быстродействия при обработке больших объемов данных открывают широкие возможности ее использования для автоматизации бизнес-процессов производственного предприятия любого объема.

За счет преднастроенных процессов и гибкой настройки внедрение решения в базовом функционале занимает не более шести месяцев. В случае нестандартных, уникальных процессов ТУРБО ТОРО позволяет быстро разработать на своей основе любые варианты функциональности под себя, в том числе мобильные решения. Дополнительные плюсы пользователи получают благодаря открытой архитектуре, встроенной интеграционной шине, веб-серверу и интеграции через API.

ТУРБО ТОРО позволяет управлять различными видами производственных активов:

1. Сложное производственное оборудование — активы, требующие разветвленной системы классификации, учета зависимости от места установки

оборудования, а также высокой детализации узлов и агрегатов. Например, насосные станции, газоперекачивающие агрегаты, прокатные станы.

2. Протяженные объекты — активы, для которых важно учитывать протяженность, привязку к географическим объектам и разделение на сегменты линейной системы. Например, трубопроводы, оборудование водоканала, линии электропередач.

3. Любые активы, требующие планирования и учета воздействия. К таким активам можно отнести подвижной состав, автотранспорт, объекты сельскохозяйственного назначения, плодовые культуры, лицензии на программное обеспечение и др.

Для управления жизненным циклом производственных активов ТУРБО ТОРО поддерживает ведение нормативно-справочной информации, куда входят характеристики и паспортные данные активов, их классификация и структура, данные о типовых работах и необходимых ресурсах, материальных, технических и финансовых. Система позволяет контролировать состояние актива — вести учет дефектов и параметров работы, учет наработок и историю пусков и остановов.

Планирование работ в ТУРБО ТОРО предусматривает управление приоритетами обслуживания, методиками построения планов (планово-предупредительные работы, по состоянию), позволяет формировать бюджет ремонтов, а также планировать закупки и балансировку ресурсов. Система дает возможность вести учет фактического выполнения

ПЛАНИРОВАНИЕ РАБОТ В ТУРБО ТОРО ПРЕДУСМАТРИВАЕТ УПРАВЛЕНИЕ ПРИОРИТЕТАМИ ОБСЛУЖИВАНИЯ, МЕТОДИКАМИ ПОСТРОЕНИЯ ПЛАНОВ, ПОЗВОЛЯЕТ ФОРМИРОВАТЬ БЮДЖЕТ РЕМОНТОВ, А ТАКЖЕ ПЛАНИРОВАТЬ ЗАКУПКИ И БАЛАНСИРОВКУ РЕСУРСОВ

работ, выбирать способ их выполнения (хозяйственный, подрядный, смешанный), вести учет потребленных ресурсов, простоев, управлять через мобильное решение.

Аналитические возможности системы позволяют получать актуальные сведения о состоянии актива, выявлять корневые причины дефектов, анализировать затраты на жизненный цикл актива, формировать план-фактный анализ.

Ведение базы данных активов

Ведение данных о производственных активах в автоматизированной системе открывает целый ряд преимуществ. Это позволяет знать **стоимость активов** в составе основных средств, а значит и определить балансовую стоимость основных средств при выполнении всех операций с ними. К таким операциям относятся постановка на учет по результатам ввода активов в эксплуатацию, разукomплектация, частичная или полная ликвидация, начисление амортизации.

Производственный актив по факту является местом возникновения затрат, поэтому аналитические признаки, заложенные в классификацию актива, являются основой для дальнейшего планирования, учета и анализа затрат на эксплуатацию. Ведение же в рамках предприятия единой классификации активов позволяет сравнить затраты на эксплуатацию по однотипным позициям.

Кроме того, данные учета производственных активов нужны для оперативной и качественной работы подразделений, отвечающих за эксплуатацию. Эта информация позволяет, например, быстро

определить причину неполадки и состав материалов, необходимых для ее устранения, а также получить мгновенный доступ к истории ремонтов и дефектов. Наконец, агрегация данных о количественном и качественном состоянии производственных активов требуется при планировании развития предприятия.

Для ведения производственных активов ТУРБО ТОРО предлагает такие основные возможности, как классификация, технические места и карточка актива.

Классификация. За классификацию отвечают несколько справочников, которые привязываются к записи конкретного актива. С точки зрения пользователя активы должны быть сгруппированы по моделям — это позволяет сравнить поведение разных активов одной модели. При этом сами модели группируются в виды, виды — в типы, а типы — в классы. Так можно достаточно удобно группировать имеющиеся активы безотносительно их позиций в технологической схеме.

Технические места. За структурирование информации о местонахождении производственного актива отвечает справочник технических мест. Многочисленные вспомогательные справочники отбирают активы по различным признакам.

Карточка актива. Справочник, описывающий отдельные экземпляры производственных активов. Каждая карточка может содержать общую информацию, паспортные характеристики, перечень контролируемых параметров и параметров наработки. В карточке актива указывается место его установки в производственной системе, географические

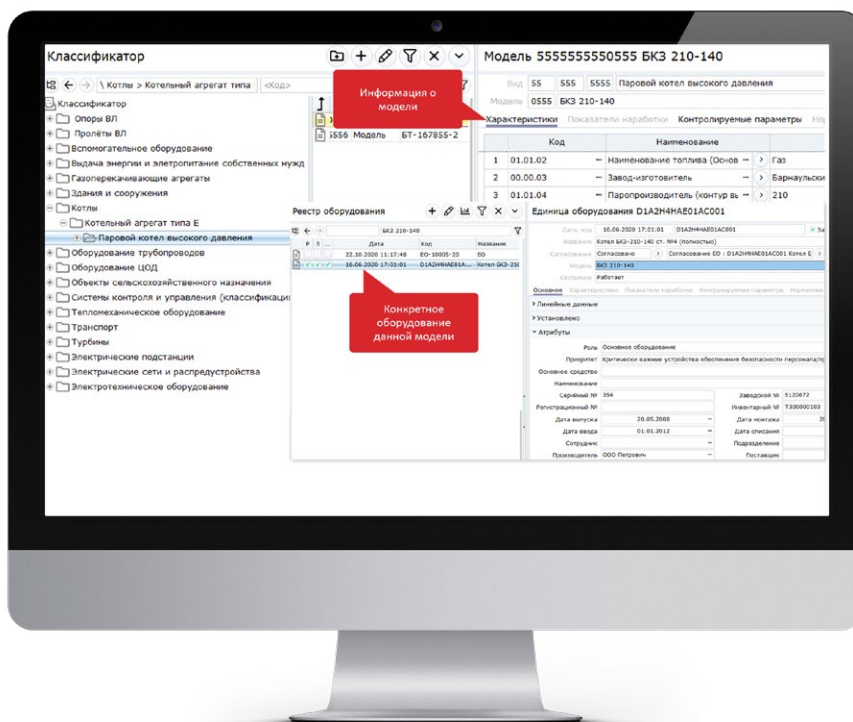


Рис. 3. Ведение справочника классов, моделей и карточки оборудования

координаты и/или линейные данные (протяженность, точки начала и конца — для протяженных активов). Также в привязке к каждой записи возможно вести технический архив — прикладывать и просматривать любые виды файлов.

Чтобы иметь возможность планировать мероприятия по обслуживанию конкретного производственного актива, а также сформировать доказательную базу для защиты комплексной программы обслуживания активов предприятия, необходимо на основе нормативов, принятых в отрасли, вести базу данных нормативов.

В ТУРБО ТОРО для этого реализован справочник технологических карт, представляющий шаблон работ по видам ремонта для модели производственного актива. Планирование для конкретной единицы оборудования данной модели при этом может отличаться, что также поддержано в системе.

Учет состояния производственного актива

Понимание того, как именно эксплуатируются производственные активы, является залогом своевременного проведения обслуживания и ремонтных работ, что в свою очередь позволяет продлить жизненный цикл актива и снизить расходы предприятия в целом.

Для фиксации времени простоев производственного актива в ТУРБО ТОРО реализован журнал учета пуска и остановов. Журнал может быть использован, например, для фиксации пусков и остановов производственной линии, смены режимов эксплуатации оборудования и др. Отображение типов и групп остановов дает возможность анализировать причины остановов и, в случае аварии, оперативно создавать заказ на работу и аварийный акт.

Также в ходе эксплуатации важно учитывать наработку и характеристики активов, которые могут изменяться. Это помогает анализировать эффективность использования актива и планировать мероприятия по обслуживанию, основываясь на наработке. Для этих целей в ТУРБО ТОРО реализованы механизмы учета наработки и регистрации параметров.

РЕГИСТРАЦИЯ НАРАБОТКИ И ПАРАМЕТРОВ ВОЗМОЖНА КАК В РУЧНОМ РЕЖИМЕ, ТАК И ПРИ ПОМОЩИ ВСТРОЕННОЙ ИНТЕГРАЦИОННОЙ ШИНЫ ПУТЕМ СБОРА ДАННЫХ С ДАТЧИКОВ

Регистрация наработки и параметров возможна как в ручном режиме, так и при помощи встроенной интеграционной шины путем сбора данных с датчиков. Так, например, может быть автоматизирован процесс контроля роста древесно-кустарниковой растительности в охранной зоне ЛЭП и планирования соответствующих регламентных мероприятий.

Еще одной важной частью учета состояния производственных активов является регистрация любых отклонений от нормы. Это могут быть дефекты, аварии, инциденты, нештатный режим работы оборудования. Для фиксации отклонений в системе ведется отдельный справочник видов дефектов, причем к каждому дефекту привязывается его уровень (насколько данный дефект опасен) и тип (что именно вышло из строя). В дальнейшем эта информация используется для анализа, а также для планирования и формирования работ.

На рисунке 4 дан пример автоматизации диагностики оборудования. В ТУРБО ТОРО можно вести таблицу видов измерений (контролируемых параметров), регистрировать результаты осмотров, испытаний и измерений. Регистрация возможна как при помощи рабочего места на стационарном ПК, так и мобильного приложения.

При обработке дефекта в случае выполнения внеплановых работ либо создается отдельный внеплановый заказ на работы, либо работы включаются в существующий (уже запланированный) заказ на работы.

Внеплановый заказ на работы может быть создан не только на основании дефекта. Например, создать заказ и запланировать его выполнение в следующих плановых периодах можно на основе предписания, полученного от надзорных органов.

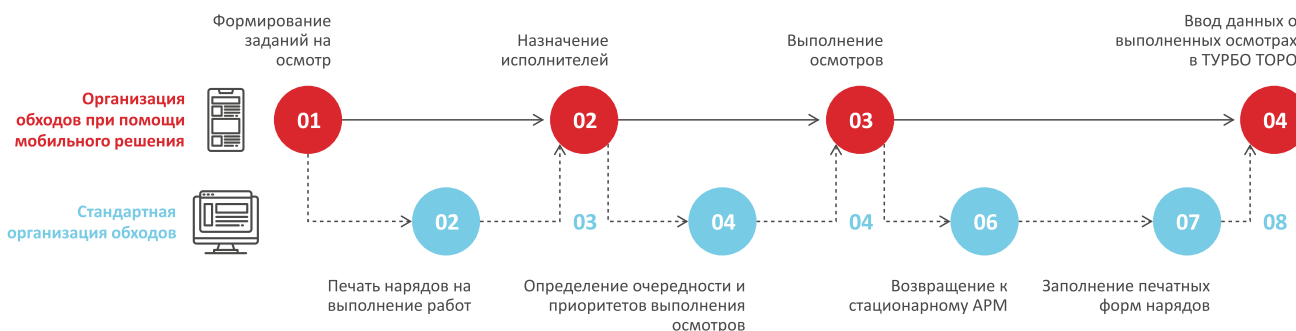


Рис. 4. Организация процесса обходов в ТУРБО ТОРО

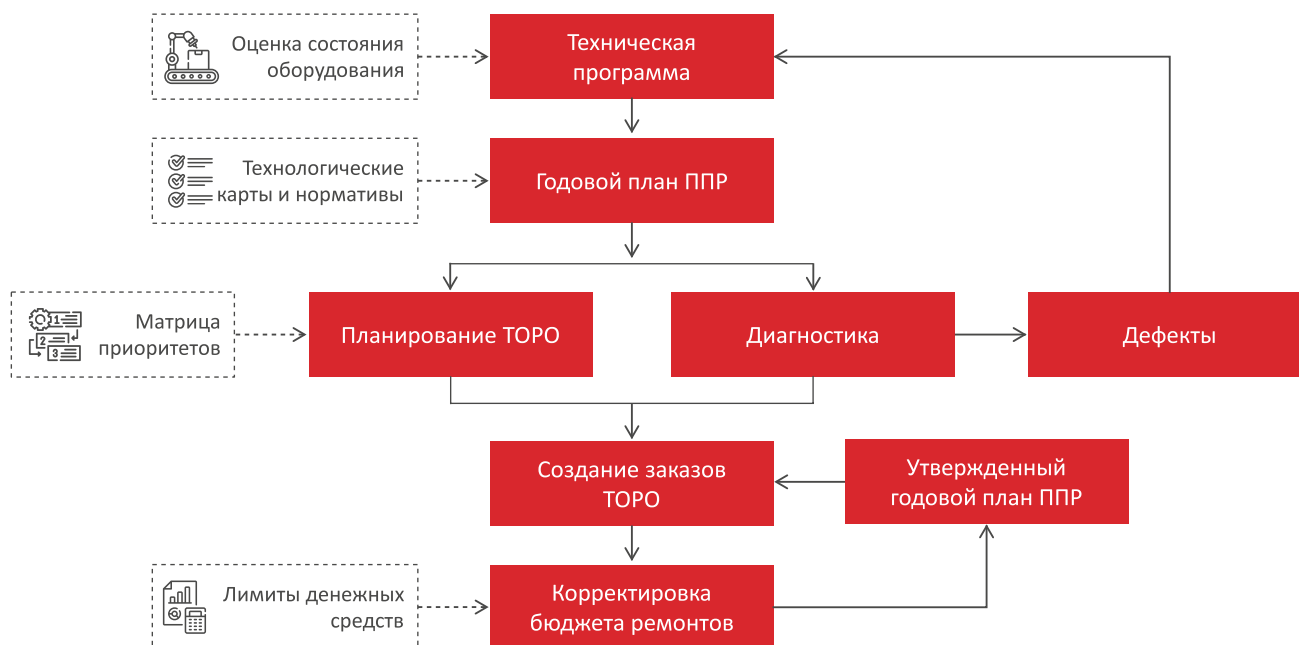


Рис. 5. Формирование производственной программы с использованием TURBO TORO

Планирование работ

Для формирования программы ремонтов в TURBO TORO реализована система планирования работ, учитывающая установленный для каждого производственного актива нормативный цикл обслуживания, а также нормативный объем работ. Другим источником для формирования программы ремонтов является перечень неплановых работ.

Включая или исключая конкурирующие работы, а также используя механизм балансировки ресурсов в системе можно сформировать программу ремонтов на заданный плановый период. Поддерживается как годовое планирование, так и планирование с большей детализацией (квартал, месяц).

Для представления запланированных мероприятий в форме, принятой на конкретном предприятии, в TURBO TORO реализован целый ряд возможностей. Это и структурирование работ по видам мероприятий, периодам времени и местам установки оборудования, и использование группировки работ по произвольному набору производственных активов.

В случае если в компании создается система технического обслуживания, ориентированного на безотказность (RCM или Reliability-centered maintenance), но по какой-то причине этот процесс не завершен, можно использовать простой, но действенный механизм приоритизации. В TURBO TORO реализована интегральная система приоритетов каждой работы плана, включающая в качестве факторов приоритет оборудования и приоритет вида работы.

После настройки сортировки работ по приоритету появляется возможность управлять бюджетом затрат на ремонты, разделив все затраты на группы для принятия решений по оптимизации плана на этапе согласования.

На рисунке 5 показан пример формирования производственной программы с использованием TURBO TORO.

Выполнение работ

В TURBO TORO все работы по воздействию на производственные активы учитываются на основании заказа на работы. Это могут быть как плановые заказы, созданные автоматически для регламентного обслуживания в соответствии с базой данных нормативов, так и внеплановые заказы для устранения дефектов или в рамках целевых программ.

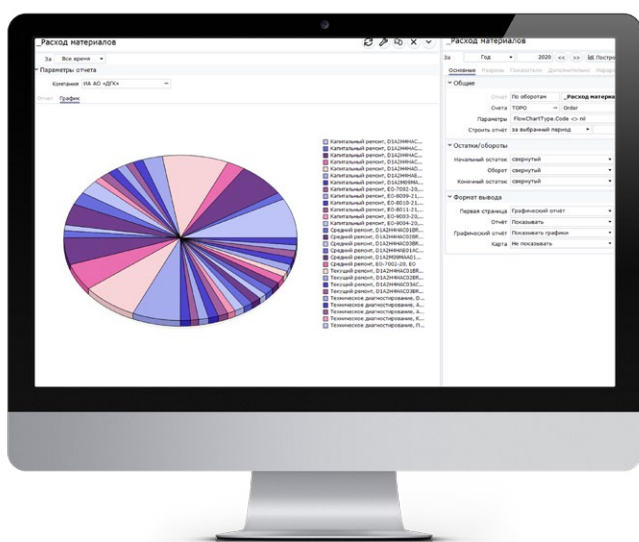


Рис. 6. Интерфейс конструктора отчетов TURBO TORO



Об авторе:

Ушаков Сергей Владимирович

Архитектор EAM-систем в компании Sciener (Консист Бизнес Групп)

Эксперт в области автоматизации управления производственными активами и ремонтами оборудования с более чем 15-летним опытом. Сертифицированный специалист по системам SAP S/4HANA Asset Management и TURBO TOTO. Обладатель сертификатов по ITIL, SAP Activate Project Manager и др.

Руководил сложными проектами в производственном секторе, атомной энергетике, добывающей и химической промышленности. Помогал решать задачи, связанные с автоматизацией процессов управления производственными активами, таким компаниям, как «Газпром», «Норильский Никель», «Россети ФСК ЕЭС», «Концерн Росэнергоатом», «Чепецкий Механический Завод» и др. С 2019 года развивает направление TURBO TOTO в компании Sciener, входящей в Консист Бизнес Групп (группа ЛАНИТ).

Смета работ автоматически формируется на основе базовых цен, содержащихся в технологических картах. Также в заказе содержатся все сведения для формирования и вывода на печать необходимых производственных документов. Например, при помощи заказа можно реализовать формирование наряда на выполнение работ. Для дополнительной приоритизации и распределения заданий между исполнителями предусмотрена работа с маршрутными листами. Далее наряды могут быть переданы на мобильное устройство.

Результат выполнения мероприятий, запланированных в заказе, регистрируется в TURBO TOTO как приемка работ. В этом документе фиксируется фактическое количество израсходованных ресурсов и фактически выполненный объем работ. Приемка работ и заказ на работы служат основой для проведения план-фактного анализа выполненных мероприятий, что позволит судить об эффективности работы обслуживающих подразделений.

В стандартную поставку TURBO TOTO входят преднастроенные формы отчетности, позволяющие оперативно сформировать данные по количеству и типам производственных активов, зарегистрированным дефектам и причинам их возникновения, количеству и номенклатуре ТМЦ, необходимым для обеспечения запланированных работ, а также перечень мероприятий со статусом их выполнения.

Кроме того, благодаря встроенному генератору отчетности пользователи могут создавать отчеты о состоянии оборудования в различных разрезах и в соответствии со своими требованиями. Отчеты формируются на основе любых документов, зарегистрированных в TURBO TOTO в режиме реального времени (OLAP).

Эффекты

К прогнозируемым эффектам от внедрения информационной системы управления активами относят сокращение простоев производственных активов, оптимизацию существующего бюджета на обслуживание и ремонт, сокращение неплановых и сверхурочных работ по обслуживанию активов,

продление срока эксплуатации производственных активов и другие показатели.

TURBO TOTO позволяет обеспечить предсказуемость и надежность эксплуатации актива, так как дает полную информацию об оборудовании, начиная от паспортных данных и условий эксплуатации и заканчивая историей ремонтов. Также решение позволяет оптимизировать управление запасами. За счет планирования потребности под конкретные работы на определенную дату предприятие получает возможность точнее планировать закупки, что приводит к сокращению текущих расходов и повышению оборачиваемости складских запасов.

Что касается объема выпускаемой продукции, внедрение TURBO TOTO, конечно, не приведет к устранению всех факторов, снижающих этот объем, но может существенно повлиять на них в части, где требуется эффективная организация технического обслуживания. Так, например, непрерывный мониторинг динамики показателя эффективности производственных активов позволит сделать вывод о доходности предприятия в целом.

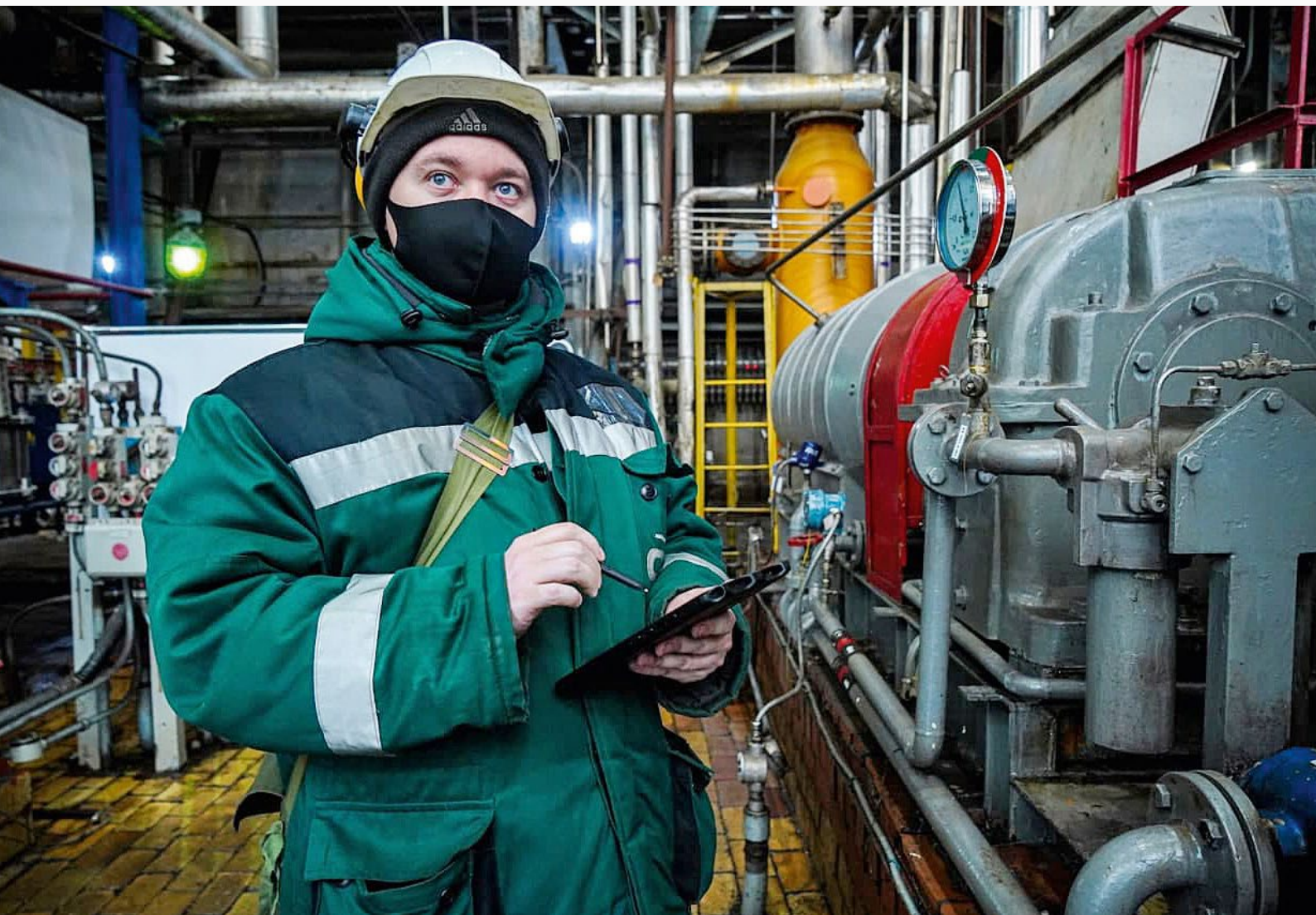
Актуальность внедрения информационных систем управления производственными активами очень высока для предприятий, ориентированных на долгосрочное устойчивое развитие. С одной стороны, это вызвано задачами повышения эффективности использования производственных активов и, как следствие, увеличения конкурентоспособности выпускаемой продукции.

С другой стороны, в ходе эксплуатации автоматизированной системы, охватывающей весь жизненный цикл производственных активов, в едином информационном пространстве накапливаются исчерпывающие данные по активам. Мониторинг и анализ этих данных являются основой для совершенствования функций управления техническим обслуживанием и ремонтом, которые являются неотъемлемой частью любого процесса производства. 

Контактная информация

Sciener	www.sciener.ru	+7 (495) 721-19-38
	sales@sciener.ru	Sciener в Facebook

Цифровизация в ТОиР: сокращаем время, расходы и производственные риски



Индустрия 4.0 прочно вошла в нашу жизнь. Автоматизация и цифровизация производства находятся в числе стратегических направлений развития предприятий, но это влечет за собой необходимость качественного контроля и профилактики работоспособности всего оборудования и систем. Для повышения эффективности этих операций и минимизации человеческого фактора существует целый арсенал цифровых решений. О них мы и поговорим в этой статье.

Фото: «СДС Азот»

Предсказательный мониторинг

В последнее десятилетие появилась тенденция миниатюризации и удешевления устройств хранения и обработки данных, перевода процессов компаний в «цифру». Такой тренд обусловил возможность внедрения арсенала аналитических программ для отслеживания больших объемов данных, генерируемых предприятием, и прогнозирования развития событий с целью принятия управленческих решений.

Многие компании в мире и в России используют предсказательную аналитику для оптимального решения различных бизнес-задач. «Сахалин Энерджи» не исключение. Сейчас в компании реализуется проект внедрения предсказательного мониторинга работы технологического оборудования.

На объектах компании уже решается уже довольно широкий спектр задач по мониторингу технологического оборудования — от простых ежедневных обходов, проводимых операционным персоналом, до непрерывного автоматического онлайн-мониторинга с функцией оповещения ключевых специалистов. Развернуто значительное количество систем, позволяющих контролировать параметры статического, динамического и электрического оборудования в реальном времени и на основе периодических испытаний.

Такое многообразие систем позволяет анализировать и оценивать техническое состояние оборудования на основе нормативно-технической документации. Но такой подход не позволяет с достаточной степенью вероятности прогнозировать изменение его состояния и выявлять ранние признаки деградации оборудования. Внедрение системы предсказательного мониторинга позволяет решать эту задачу.

Раннее обнаружение признаков деградации или снижения эффективности работы производственного оборудования, в свою очередь, помогает исправлять ситуацию тогда, когда затраты на ремонт и устранение неисправности еще сравнительно невелики. И даже если деградация неустранима и продолжает развиваться, несмотря на принимаемые меры, диагностика на опережение может обеспечить запас времени для корректировки производственных планов, мобилизации материалов и персонала подрядчиков, а также для подготовки оборудования к ремонту.

Опыт, полученный в процессе использования предсказательного мониторинга, создает базу для оптимизации планово-предупредительных ремонтов и плановых остановов производственного оборудования. Кроме того, появляется возможность изменить философию технического обслуживания некритичных с точки зрения безопасности и производства систем и действовать на основании оценки фактического состояния оборудования.

В индустрии существует большой набор инструментов для решения описанной задачи. Компания



Фото: «Сахалин Энерджи»

тщательно изучила все, что может способствовать их оптимальному выбору: технологии и лидеров в этой области, опыт акционеров, отраслевые публикации, референс-визиты. В результате анализа для реализации пилотного проекта было выбрано три программных продукта. На их тестирование потребовалось от трех до шести месяцев.

Процесс внедрения системы предсказательного мониторинга проходил поэтапно:

- постановка задачи и определение объема работ;
- сбор и подготовка данных;
- построение предсказательных моделей;
- настройка и оптимизация платформы с последующим онлайн-мониторингом.

Рассмотрим их последовательно.

Этап 1. Постановка задачи и определение объема работ

На первом этапе было проведено моделирование нескольких единиц наиболее критичного технологического оборудования:

- на заводе по производству сжиженного природного газа;
- на объединенном береговом технологическом комплексе.

Этап 2. Сбор, подготовка и исследование данных

Все необходимые технологические параметры, используемые в модели, поступают из единой системы. На их основании собираются массивы данных для каждой единицы исследуемого оборудования. Далее подготавливаются массивы данных для обучения модели — они характеризуют нормальное состояние машины, поэтому имеют фундаментальное значение для точности прогнозирования, работоспособности и чувствительности модели. Для подготовки обучающего массива данных общий объем исторических данных анализируется и очищается от технических данных, не характерных для

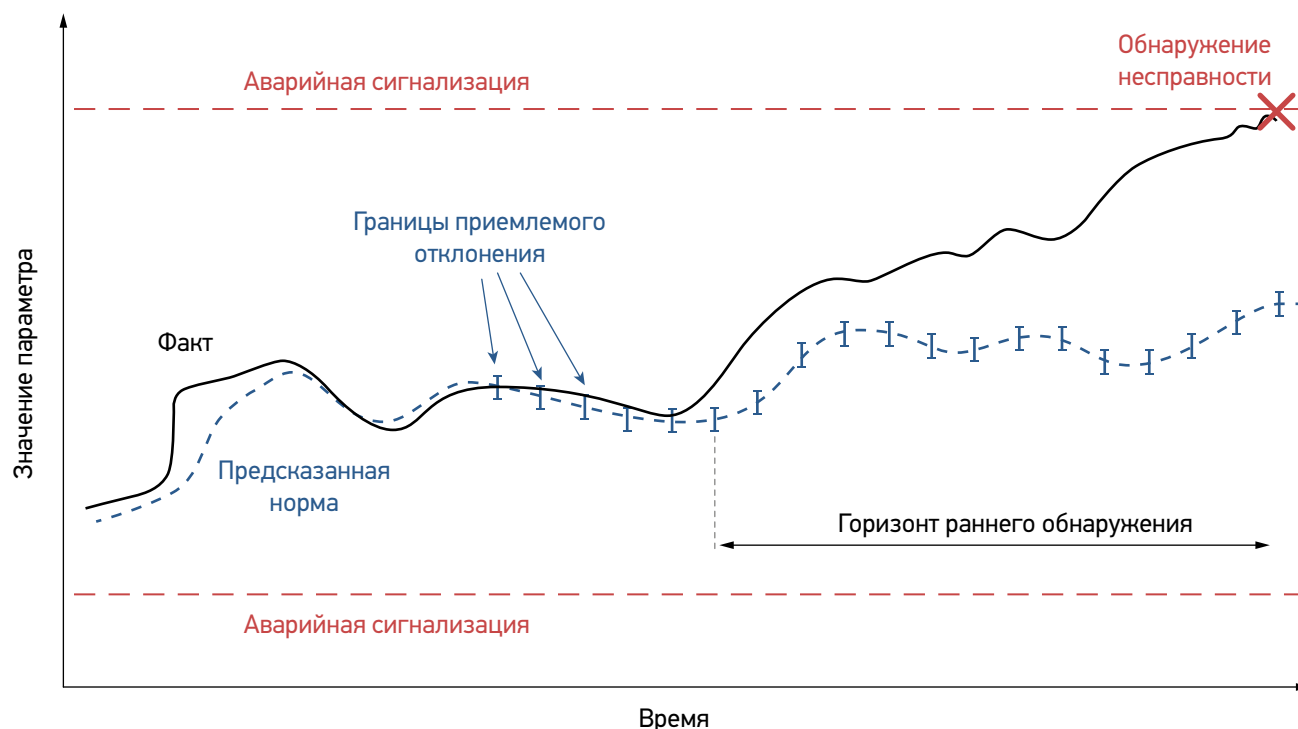


Рис 1. Горизонт раннего обнаружения

нормального состояния оборудования. На основе экспертного мнения в модели конфигурируются правила по автоматическому определению дефектов и описываются конкретные рекомендации для предотвращения их развития.

Этап 3. Построение предсказательных моделей

Предсказательная модель (далее — модель) — это определенный набор конкретных взаимозависимых технологических параметров, которые находятся в желаемом диапазоне рабочих режимов.

Если один или несколько параметров смещаются в ту или иную сторону, в то время как остальные остаются неизменными, модель предвидит аномалию и сигнализирует об этом. При этом автоматизированная система управления технологическим процессом не видит аномалии, поскольку все изменения происходят внутри границ рабочих режимов.

Этап 4. Настройка платформы с последующей оптимизацией

Перед развертыванием модели необходимо установить уровни сигналов предупреждения. В отличие от традиционных установок, которые являются абсолютными пороговыми значениями технологических параметров, предсказательные установки представляют собой порог отклонения фактических значений технологических параметров от предсказанного значения. Совокупность таких отклонений при мониторинге будет давать общее расхождение модели — безразмерный показатель, характеризующий общее отклонение поведения машины от поведения, предсказанного ее моделью. Чем больше и дальше технологические параметры

отклоняются от своей предсказанной нормы, тем выше общее расхождение модели.

Обнаруженные расхождения модели за установленные ранее пределы в общем случае требуют проведения расследования причин. Правильно сконфигурированная модель поможет определить их и дать информацию для корректировки планов обслуживания.

По итогам открытого тендера было выбрано программное обеспечение, на базе которого будет реализовываться весь проект. С его помощью получены лучшие результаты работы модели, удовлетворяющие изначальным требованиям к качеству предсказаний.

После проведенного пилота решено развернуть систему предсказательного мониторинга на базе парка особо важного технологического оборудования в количестве ста единиц. Система предсказательного мониторинга совместно с традиционными системами позволит значительно расширить горизонт предсказания поломок оборудования. Техническое обслуживание станет более эффективным за счет точечных работ по факту состояния вместо регламентированного общего капитального ремонта.

Так применение предсказательной аналитики дало компании ряд преимуществ по сравнению с традиционными подходами. Основное достоинство этого метода заключается в том, что он дает возможность не только получать новые знания на основе имеющейся информации и автоматизировать рутинные процессы, но и использовать машинное обучение для решения различных прикладных задач в целях повышения эффективности работы.

Управление надежностью

На предприятиях **Металлоинвеста** реализация проекта по внедрению систем стационарной диагностики и мониторинга оборудования проводится в рамках глобальной программы трансформации ТОиР.

Изменения, происходящие в ремонтных службах компании, нацелены в первую очередь на большую эффективность работы ремонтного персонала и повышение надежности оборудования, и важное место здесь отводится диагностике.

Для управления надежностью на предприятиях **Металлоинвеста** применяются самые разные методы и инструменты. И один из самых точных и действенных — система стационарной диагностики оборудования. Сюда входят датчики вибрации, соединительные кабели, многоканальные измерительные блоки, цифровой интерфейс передачи данных, программное обеспечение для обработки и отображения информации, инструмент для анализа результатов измерений.

— Стационарная система помогает круглосуточно в режиме онлайн собирать и записывать сигналы, вести постоянный мониторинг и анализировать совокупность данных для того, чтобы предупредить развитие ситуации и выход из строя отдельных запчастей и механизмов и не допустить аварийной остановки оборудования, — рассказывает руководитель проекта от ИТ-компании Екатерина Миронова.

На Лебединском ГОКе система установлена на двух участках — на заводе горячебрикетированного железа № 1 и обогатительной фабрике. Сотрудники ТОиР предприятия, которые занимаются диагностикой оборудования, отмечают, что сократилось время на диагностику различных узлов. Кроме того, с внедрением этой системы стало возможным диагностировать труднодоступное оборудование, к примеру, барабаны конвейеров.

Успешно используется система стационарной диагностики и на ОЭМК им. А. А. Угарова, установленная в сортопрокатном цехе № 1. Специалисты управления по надежности предприятия отмечают, что с ее помощью был выявлен дефект на дуоревверсивной клетки стана-700, что помогло предотвратить аварийную остановку оборудования.

На Михайловском ГОКе им. А. В. Варичева в марте этого года система введена в эксплуатацию.

— Система стационарной диагностики оборудования **Металлоинвеста** находится в процессе постоянного развития и накопления необходимого количества статистических данных для предиктивной аналитики, — продолжает Екатерина Миронова. — Главная задача сегодня — обучение персонала, формирование сообщений в ERP для оперативного размещения заказов на реализацию необходимых мероприятий по ТОиР. Использование системы стационарной диагностики и мониторинга оборудования — эффективный метод для выявления,



Фото: Валерия Воронова. ООО УК «МЕТАЛЛОИНВЕСТ»

предупреждения и объективного анализа ситуации, который позволяет прогнозировать выход оборудования из строя, вовремя заказать запасные части, подготовиться ремонтным службам к замене дефектного узла. К тому же это и экономия времени, затрачиваемого работниками на обход и осмотр оборудования, исключение человеческого фактора.

Онлайн-мониторинг оборудования

Уралмашзавод вышел на новый уровень взаимодействия с заказчиками. Теперь представители горных предприятий в режиме онлайн могут контролировать работу экскаваторов марки УЗТМ в личном кабинете заказчика. Это совместная разработка специалистов отдела электропривода и автоматизации и дирекции по информационным технологиям **Уралмашзавода**.

Информационными системами, которые позволяют отслеживать основные параметры работы машины, предупреждать о выходе оборудования из строя и блокировать неправильные действия обслуживающего персонала, экскаваторы «Уралмаша» оснащаются с 2003 года. Эти системы постоянно совершенствуются — во многом благодаря тому, что инженеры отдела электропривода и автоматизации сами настраивают их, общаются с машинистами экскаваторов, специалистами сервисной службы и учитывают их пожелания к работе оборудования.

Но раньше информацию о фактическом времени работы машины, количестве отгруженной горной массы, потреблении электроэнергии и т.д. видел только машинист на экране в кабине экскаватора и сервис-инженер, когда приезжал на разрез. Теперь она поступает на сервер **Уралмашзавода** и доступна конструкторам и руководству предприятия, с ней можно ознакомиться в офисе сервисной службы, а главное — к системе онлайн-мониторинга подключен заказчик: через личный кабинет специалисты ГОКов и угольных разрезов могут контролировать работу своих экскаваторов.

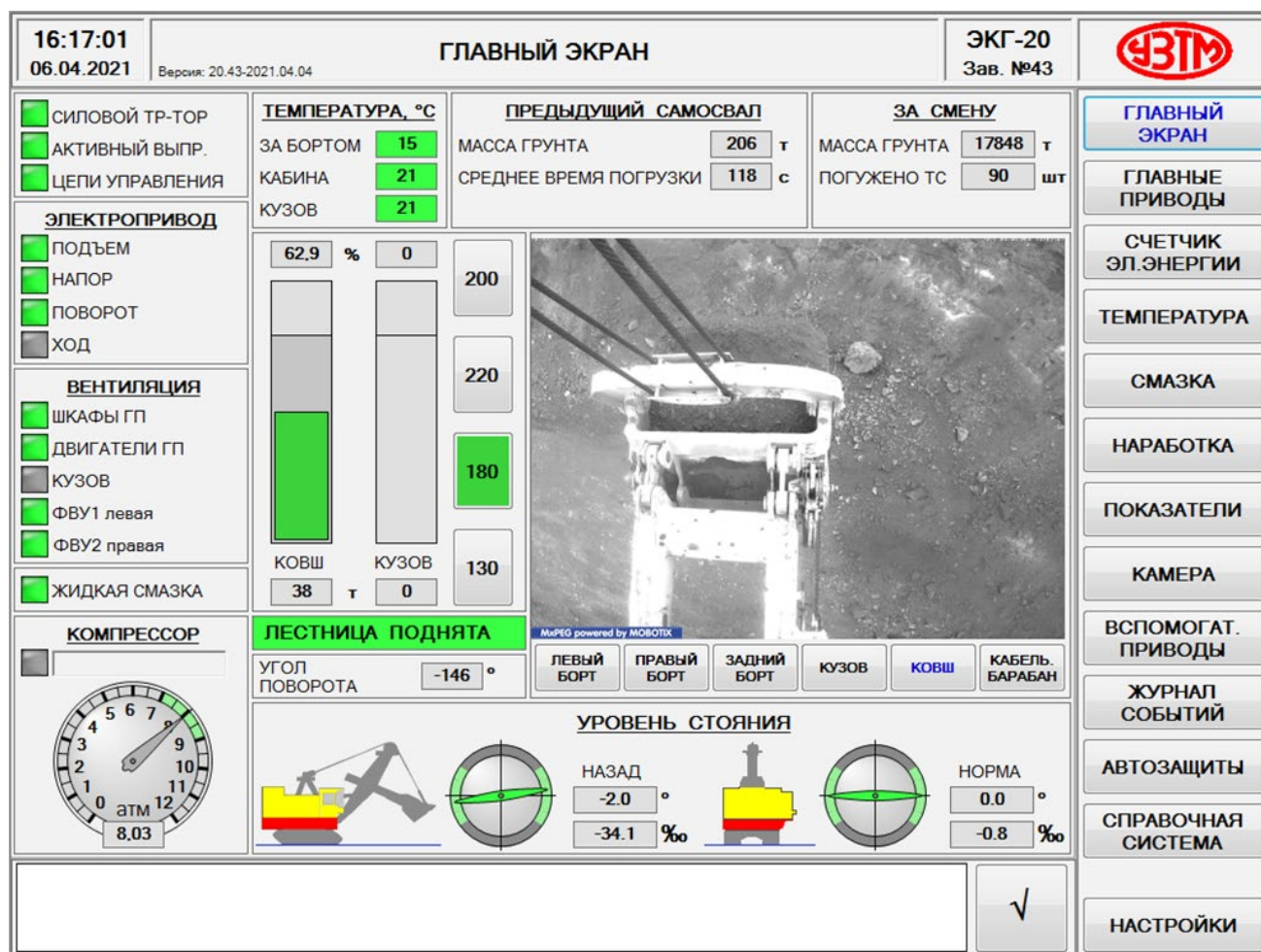


Рис. 2. Система онлайн мониторинга

К системе онлайн-мониторинга сегодня подключено девять машин ЭКГ-20 и ЭКГ-35, которые эксплуатируются на разрезах компаний «Кузбассразрезуголь», «Стройсервис», Лебединском и Михайловском ГОКах (входят в Металлоинвест), Ковдорском ГОКе

В личном кабинете заказчика можно получить отчет о работе машины за любой период, времени работы и простоев, продолжительности цикла экскавации, количестве загруженных самосвалов, объеме отгруженной породы и многих других параметрах. Кроме того, система поможет отследить возможности эксплуатации экскаваторов УЗТМ в критических условиях, например, при температурах ниже –40 градусов.

Один из важных элементов системы — информирование о необходимости проведения технического обслуживания узлов экскаватора. К сожалению, порой на местах к этому относились не слишком внимательно. Экскаватор останавливали, только когда оборудование выходило из строя и требовался ремонт. Сейчас система онлайн-мониторинга не даст забыть о необходимости проведения планового обслуживания: первое предупреждение на экране в кабине машиниста и в личном кабинете заказчика

появляется за 200 часов, следующее — за сутки, а если ТО просрочено, уведомление об этом получает и персонал карьера, и сервис-инженеры УЗТМ, и технические руководители горного предприятия. Благодаря такому всестороннему контролю дисциплина в отношении вопросов ТО заметно повысилась.

Еще одно ноу-хау специалистов отдела электропривода и автоматизации Уралмашзавода — возможность интегрировать систему онлайн-мониторинга экскаваторов УЗТМ с ERP-системами горнодобывающих предприятий. То есть с сервера Уралмашзавода информация поступает на сервер ГОКа. Эти данные могут быть использованы для диспетчеризации всего горнотранспортного оборудования карьера и шире — для планирования работы комбината в целом. На конкурс цифровых промышленных инноваций, который проходил в рамках выставки «ИННОПРОМ» в июле 2021 г., система онлайн-мониторинга экскаваторов Уралмашзавода была признана одной из лучших отечественных разработок.

— Личный кабинет — это фактически лицо системы онлайн-мониторинга, — уверен начальник отдела электропривода и автоматизации УЗТМ Дмитрий Аленьковский. — В нем заказчик видит текущее

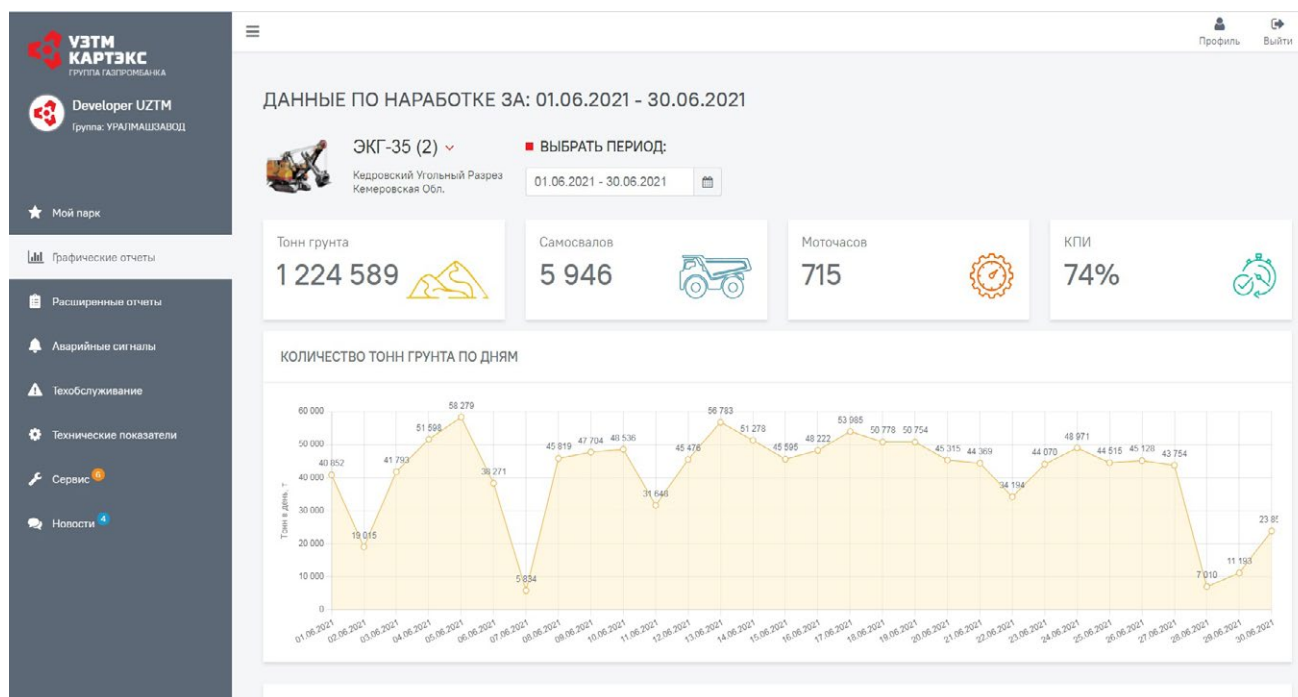


Рис. 3. Система оценивает состояние оборудования и может выдать отчет о работе машины за любой период

состояние своих машин, насколько эффективно они используются. Например, паспортный цикл экскавации у ЭКГ-20–30 сек. А фактически в одну из смен — в среднем, например, полторы минуты. В чем причина? Возможно, плохо был подготовлен забой или оператор не имеет достаточной квалификации. Анализируя эту информацию, специалисты ГОКа могут найти резервы для улучшения работы. Нам личный кабинет дает возможность оценить, насколько бережно на комбинате обращаются с машиной, не допускают ли действия, запрещенные руководством по эксплуатации, насколько правильно и вовремя проводят техническое обслуживание.

Мобильный обходчик

Система мобильного мониторинга позволяет следить за работой промышленного оборудования, оценивать параметры его работы, планировать и вовремя проводить техническое обслуживание и ремонты. В результате повышается скорость реагирования для оперативного устранения неполадок, растет общая эффективность техобслуживания.

Для «Теплоэнерго» автоматизация производственных объектов — один из приоритетных проектов стратегии развития на 2021–2023 гг. Для повышения уровня автоматизации на предприятии работает система, позволяющая осуществлять контроль и управление технологическими процессами в режиме реального времени. Вместе с тем, для улучшения технико-экономических показателей и продления срока службы теплоэнергетического оборудования в дополнение к ней необходимо ежедневно проводить качественный осмотр и проверку работоспособности оборудования. Оперативный

персонал обязан проводить осмотр оборудования каждые два часа, поэтому возникла потребность в упрощении и стандартизации процедуры обходов.

Для оптимизации процесса осмотра оборудования был разработан прототип программного комплекса «Мобильный обходчик». Работник во время обхода своего участка сканирует на смартфоне QR-коды, закрепленные за оборудованием, требующим осмотра, заполняет чек-листы о его состоянии, делает фото замеченных неисправностей. Если при обычном обходе все наблюдения оперативного персонала за работой оборудования заносятся в бумажный журнал, что отнимало много времени, то при использовании «Мобильного обходчика» информация фиксируется непосредственно на месте и передается руководству в режиме онлайн. По результатам выполнения обходов собирается статистика, формируются



Фото: «Теплоэнерго»

структурированные отчеты. В результате повышается оперативность выявления отклонений в работе оборудования, а также контроль над выполнением графика совершения обходов и их качеством.

«Мобильный обходчик» используется в тестовом режиме на пилотном участке на Нагорной теплоцентрали с июня 2021 года. В настоящее время программа дорабатывается с учетом обратной связи от участников процесса. В дальнейшем систему планируется масштабировать, чтобы можно было не только выявлять текущие отклонения в работе теплоэнергетического оборудования на котельных и тепловых пунктах, но и прогнозировать будущее состояние. Это позволит снизить издержки на техническое обслуживание и ремонты, сократить время простоя оборудования за счет своевременной идентификации предотказного состояния — дефекты будут выявляться до того, как они приведут к серьезным поломкам, а ремонт будет производиться по состоянию.

«Система показала свою полную жизнеспособность в реальной работе. Она позволит не только отслеживать эффективность работы теплового оборудования, но и на ранних стадиях оперативно выявлять негативные изменения в его работе и отклонения от заданных параметров. Эта информация в сжатые сроки доводится до высшего руководства предприятия, что позволяет принимать взвешенные и обоснованные решения о срочном внесении изменений в ремонтную и инвестиционную кампании», — отметил генеральный директор Илья Халтурин на презентации проекта.

«ЕВРОЦЕМЕНТ групп» сделал первые шаги к управлению ремонтами производственного оборудования предприятий с помощью единой системы для сбора, обработки и контроля данных еще в 2017 году. Сегодня инспекторы всех заводов холдинга, ответственные за инспекционные проверки

оборудования, используют в работе новые цифровые инструменты — мобильные устройства, которые считывают данные с NFC-меток, расположенных на агрегатах.

«Главным плюсом внедрения модуля «Ремонтные задания» я считаю замену использовавшихся ранее бумажных агрегатных журналов на единый электронный. Это позволит значительно ускорить процесс поиска необходимой информации, улучшить ее качество, полноту и доступность для всех работников», — подчеркивает Виталий Утков, главный механик АО «Невьянский цементник».

В режиме реального времени инспекторы получают опросные листы по состоянию оборудования и заполняют их, а устройство передает данные в единую информационную систему, которая отвечает за автоматизацию бизнес-процессов в компании. Там формируются два типа сводных ведомостей по каждому предприятию: дефектов и выявленных неисправностей. В первой — данные о том, какие отклонения в работе техники были обнаружены, во второй — уже определенные конкретные проблемы, требующие решения.

Как отмечает Константин Жбанков, начальник энергетического участка АО «Мальцовский портландцемент»: «Мобильный мониторинг сделал ежедневный осмотр каждой единицы оборудования, указанного в инспекционном маршруте, абсолютно реальным, и максимально повысил ответственность специалистов его проводящих. Качественный контроль — это первый шаг к снижению риска аварий и простоев».

После формирования списка неисправностей начинается работа по их устранению. Для этого в единой информационной системе создается ремонтная ведомость. В этом документе масса важных параметров: от перечня работ со сроками их проведения, потребности в запасных частях и труде до плановой стоимости ремонта.

«В этом году на заводах холдинга было заменено дорогостоящее оборудование. Теперь важно системно поддерживать его в работоспособном состоянии, обеспечивая его качественный, своевременный и быстрый ремонт, — рассказывает Ярослав Стоупа, операционный директор АО «ЕВРОЦЕМЕНТ групп». — Безусловно, мобильный мониторинг способствует сокращению временных и финансовых потерь при проведении планового ремонта оборудования. Эта работа является частью общей стратегии компании по сокращению потерь и переходу на цифровое управление производством».

Ранее сотрудники заводов, работающие по направлению «Техническое обслуживание и ремонты», получали указания, что конкретно они должны сделать по каждому элементу оборудования, на бумаге. Но теперь система стала более совершенной — внедрен еще один модуль — «Ремонтные задания». Это главное новшество для самих



Фото: «ЕВРОЦЕМЕНТ групп»

работников — информация с перечнем работ для ремонта из единой информационной системы передается прямо на мобильное устройство.

Подходя к агрегату, ремонтник считывает с помощью NFC-метки задание и приступает к работе. Закончив работу, он заполняет необходимые строки в системе, которая консолидирует все данные. С помощью модуля «Ремонтные задания» руководитель ремонтного подразделения видит отчет о проделанной работе по всем агрегатам прямо в системе. Он может провести оперативный анализ ситуации и здесь же принять работы, дать указания по переделке или составить дополнительные задания. При этом все этапы каждого ремонта от первой инспекции до его окончания навсегда остаются в системе. Таким образом, компания формирует необходимую базу для проведения аналитики ремонтов и повышения качества их планирования.

«Внедрение модуля «Ремонтные задания» позволяет отслеживать фактическое выполнение выявленных неисправностей, а значит, повышает качество выполнения технического обслуживания и ремонтов, — рассказывает Сергей Кулаков, начальник службы планирования ремонтов ЗАО «Белгородский цемент». — С внедрением этого функционала у работников холдинга появляется уникальная возможность расширить свои знания в части работы с современными цифровыми инструментами. Освоение же нового модуля позволит более плавно перейти в будущем к созданию единой цифровой системы управления производством».

Мобильный мониторинг — одна из составляющих на пути создания цифрового завода. Используя цифровые инструменты, предприятия «ЕВРОЦЕМЕНТ групп» могут добиться повышения конкурентоспособности, снизить углеродный след, обеспечить соблюдение мировых стандартов качества и укрепить свои позиции на рынке.

Сергей Марачков, генеральный директор АО «Мордовцемент»: «Внедрение новых цифровых технологий — естественный процесс, позволяющий, прежде всего снизить затраты на производство, повышая тем самым конкурентоспособность и эффективность предприятия. Эта работа ускоряет производственные процессы при одновременном улучшении условий труда, снижает себестоимость выпускаемой продукции».

Сергей Лобов, управляющий Воронежским филиалом АО «ЕВРОЦЕМЕНТ групп»: «Более трех лет прошло с момента начала реализации проекта. За это время службами завода своевременно устранены сотни неисправностей, а значит, были успешно предотвращены многие часы аварийных простоев оборудования. Расширение функционала системы — это еще один важный шаг к цифровизации производственных процессов».

Мобильный мониторинг действует и на КАО «Азот» (входит в состав АО «СДС Азот»). В 2020

году на предприятии была запущена в опытно-промышленную эксплуатацию электронная система обходов 1-го этапа ЭСО-1. Это программное обеспечение, содержащее базу данных объектов ремонтов и параметров для проведения обходов и осмотров оборудования. Пилотный этап проекта в цехах аммиака-1 и карбамида оказался успешным, и с 2021 года электронную систему обходов внедряют еще в четырех подразделениях — в цехе аммиака-2, цехе № 13, цехе № 15 и цехе газового сырья.

ЭСО, или электронная система обходов, — единая система учета состояния оборудования, которая способствует созданию безопасной среды на производстве за счет выполнения процесса оперативного сбора, хранения и обработки данных при проведении технологических обходов оборудования сотрудниками. Она позволяет повысить уровень контроля за выполнением обходов, достоверность собираемых данных, а также сократить время между фиксацией несоответствия и передачей этих данных в центры принятия решений по проведению технического обслуживания и ремонта.

Внедрение электронной системы обходов на производстве предусматривает размещение на всем оборудовании NFC-постов (табличек) с чипами — NFC-метками, которые будут содержать всю информацию об оборудовании. Для внесения непосредственно в информационную систему данных о результатах обходов, осмотров оборудования, о параметрах его состояния, оперативный линейный персонал цехов получил инструмент в виде смартфона с установленным приложением «Обходы».

«Сотрудник подходит к оборудованию, считывает устройством чип на табличке, осматривает агрегат и записывает в программе все, что он обнаружил, или отмечает, что все в порядке. Затем в зоне Wi-Fi ЭСО-1 автоматически отправляет новую информацию в базу данных, тем самым все, кому требуется быть в курсе состояния технологического оборудования, получают самую свежую информацию», — поясняет руководитель проекта, и.о. начальника отдела цифрового управления техническим обслуживанием и ремонтами КАО «Азот» Сергей Цепляев.

В планах руководства предприятия внедрить в текущем году систему ЭСО-2 сразу в шести цехах и обучить работе с ней более 1000 сотрудников «Азота». Данная система обладает всем функционалом ЭСО-1, а также дополнительными функциональными требованиями, разработанными специально для ЭСО-2, например, возможностью работать сразу с группами объектов или совершать обходы и фиксировать замечания по культуре производства и т.д.

В настоящее время уже ведутся подготовительные работы для запуска и ЭСО-3, которая должна охватить все остальные технологические цеха и производства. Электронная система обходов должна стать на КАО «Азот» платформой в повышении надежности оборудования и безопасной его эксплуатации.

Журнал дефектов

Журнал дефектов — еще одна инновация, которая позволяет управлять надежностью оборудования. Она активно внедряется на энергообъектах «ТГК-1». Это своего рода электронная база данных по дефектам оборудования. Среди ее преимуществ — структурирование информации для более удобной аналитики и возможность удаленной работы.

Журнал дефектов стал дополнительным инструментом системы ЭС «Обходы», которая начала внедряться в «ТГК-1» в 2019 году. Она подразумевает использование в процессе обходов на станциях цифровых решений. Теперь сотрудникам помогают смартфоны. С помощью гаджетов в электронную систему вносятся данные о состоянии, параметрах работы оборудования, фиксируются замечания, связанные с дефектами и отклонениями.

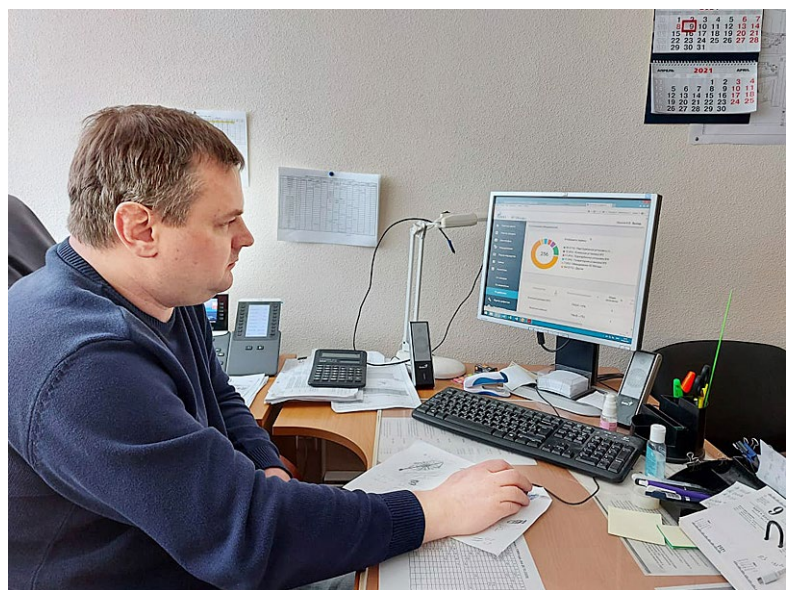
Говоря упрощенно, журнал дефектов — это большое электронное хранилище информации обо всех выявленных дефектах оборудования, от только-только зафиксированных до, наоборот, уже давно устраненных. Необходимость в такой обширной базе вполне объяснима — это залог как оперативного принятия решений, так и долгосрочного планирования, как оценки текущей ситуации, так и масштабной аналитики.

Все начинается с того, что во время обхода представитель оперативного персонала с помощью ЭС «Обходы» фиксирует замечание и передает начальнику смены цеха или другому уполномоченному лицу. Руководитель переносит информацию о дефекте в журнал и с ней работает. Например, назначает дату устранения проблемы, делает отметки, когда произошло устранение, и др. Кстати, регистрация замечания может быть не только через ЭС «Обходы», данные в базу также легко вносятся вручную.

У журнала удобный интерфейс. Для каждого дефекта заводится карточка с полной информацией о нем, об ответственных за устранение и исполнителях задачи, сроками ремонтных работ, статусом дефекта (новый, подтвержденный, отложенный, устраненный). Если дедлайн нарушен, система оповестит об этом. Также имеются фильтры, позволяющие структурировать дефекты по разным параметрам.

Если дедлайн нарушен, система оповестит об этом. Также имеются фильтры, позволяющие структурировать дефекты по разным параметрам.

Таким образом, руководителю становится проще держать руку на пульсе, грамотно и оперативно планировать работы по устранению замечаний, видеть данные по количеству дефектов на конкретном оборудовании за определенный период времени и т.д. У ресурса есть и аналитические возможности — например, можно узнать, с какой периодичностью появлялись дефекты на том или ином оборудовании, сколько их было, какие. Это



Заместитель главного инженера по ремонту Южной ТЭЦ Евгений Иванов проводит аналитику в электронной системе «Журнал дефектов»: проверяется наличие дефектов и своевременность их устранения. Фото: ТГК-1

основа для оценки обстановки и своевременного планирования ремонтов.

— С появлением журнала дефектов на нашей станции летом 2020 года произошла максимальная автоматизация процессов управления дефектами, — говорит начальник КТЦ Автовской ГЭЦ Константин Громов. — Упростились такие составляющие нашей работы, как мониторинг состояния оборудования, создание ведомостей объема работ. Взаимодействие между ремонтным крылом и оперативным персоналом стало гораздо более прозрачным и мобильным. Мы видим в журнале, когда дефект появился и по какому оборудованию, что делает работу более эффективной. Важно и то, что эта инновация интегрирована с системой ЭС «Обходы»: замечания, зафиксированные во время обхода-осмотра оборудования с использованием мобильного приложения ЭС «Обходы», в дальнейшем используются в журнале. Нельзя не отметить и еще один большой плюс — возможность работать с информацией удаленно, что было и остается актуальным в такое сложное для всех время. Даже на расстоянии можно решать организационные вопросы, связанные с появлением дефектов.

Важный момент: журнал един для «ТГК-1», и доступ к данным есть у всех заинтересованных лиц, включая представителей отдела по планированию и ремонтам, руководителей управления и др. Для них электронные данные также становятся хорошим подспорьем к аналитике и планированию — на уровне всей компании и конкретных структурных единиц. Введение электронного журнала дефектов позволило отменить его бумажную версию, что упростило работу оперативного персонала.

Еще одно преимущество журнала в том, что он позволяет работать не только с текстовой информацией, но и с фотографиями дефектов. Например, так начальнику цеха проще оценить — проблема значительная или не очень. Второй важный плюс — ресурс можно использовать дистанционно, если организовано соответствующее подключение.

В 2019 году пилотными станциями для новинки стали Центральная и Первомайская ТЭЦ. Сегодня журналом, как и ЭС «Обходы», пользуются руководители всех энергообъектов филиала «Невский», Апатитской и Петрозаводской ТЭЦ. Планируется, что в течение 2021 года он будет тиражирован на ГЭС Карельского и Кольского филиалов. Вместе с тем база будет совершенствоваться с точки зрения как интерфейса, так и функционала. Например, рассматриваются варианты автоматизации процесса выдачи нарядов-допусков на устранение дефектов.

— В должности начальника КТЦ я ежедневно имел дело с журналом дефектов — наша станция стала пилотной для его внедрения, — рассказывает начальник ПТО Первомайской ТЭЦ Алексей Митусов. — Дефект фиксируется оперативным персоналом, подтверждается начальником смены. Далее я уже видел, что в базу внесен дефект с описанием, фотографиями и другими подробностями и оценивал его приоритетность — возможно, требуется срочный останов оборудования для проведения работ, а может, вопрос терпит до плановой ремонтной кампании. Затем решается вопрос с исполнителем — ремонтный персонал ТЭЦ или подрядчики. После этого я контролировал устранение дефекта, а в завершение устранения делал отметку об этом в журнале. На мой взгляд, первое преимущество нововведения в том, что обмен информацией стал происходить оперативно, а все данные всегда под рукой. Время на решение проблем, связанных с дефектами, сильно сократилось. Отпала необходимость в таких действиях, как, например, фиксация на бумажном носителе. Радует и возможность работы удаленно. Особенно преимущества электронных систем перед бумажными стали очевидны во время пандемии. Ну и, наконец, можно выгружать отчетные данные, и это тоже огромный плюс. Нет необходимости тратить силы на их сбор вручную.

Платформа журнала дефектов станет основой для построения системы предиктивной аналитики, выполняющей функцию сбора данных о дефектах оборудования.

Видеоаналитика и «удаленный эксперт»

В нефтехимической компании СИБУР уже 70 % производственных камер работают в умном режиме благодаря машинному обучению; на некоторых предприятиях показатель доходит до 94 %. Это цифровое решение, получившее название «Черный экран», используется сотрудниками предприятий для контроля за производственным режимом.

На предприятиях СИБУРа работает около 2 тысяч камер технологического видеонаблюдения. Ранее камеры работали в традиционном режиме: фиксировали видео производственного процесса, картинка направлялась операторам, которые непрерывно наблюдали за ситуацией через мониторы. Количество экранов на одном мониторе достигало 80 единиц. Оператору необходимо было находиться в постоянной концентрации, чтобы не пропустить нештатную ситуацию.

В рамках программы цифровой трансформации эксперты направления Индустрия 4.0 реализовали концепцию, когда в целевом видении оператор видит только те участки, которые требуют оперативного вмешательства, в остальное время экран остается черным.

«Нам хотелось сделать продукт, полезный людям. На старте обсуждения проблемы было две рабочие гипотезы. Первая — просто создать аналитическую модель для каждой камеры. Вторая, более зрелая, — создать единое решение по аналитике. В случае реализации первой гипотезы мы породили бы «зоопарк» решений и стоимость эксплуатации превысила потенциальный эффект. Поэтому мы выбрали второй путь — сделали единую систему видеоаналитики с ML-моделями внутри и дополняющую ранее внедренные системы видеонаблюдения и модели, а не заменяющую их», — рассказывает старший владелец продукта по видеоаналитике СИБУР Диджитал, Владимир Щемелинин.

Решение включает шину данных, которая аккумулирует информацию, поступающую из датчиков АСУТП, датчиков промышленного интернета вещей, и саму систему видеонаблюдения с аналитическими моделями внутри. Постоянно обучаясь, модели обрабатывают и анализируют видео, опираясь на исторические данные, и выводят только ту картинку, параметры которой не соответствуют здоровому процессу.

Инструмент используется для решения задач охраны труда и промышленной безопасности, повышения качества выпускаемой продукции, мониторинга оборудования, управления логистикой, «умного» использования систем видеонаблюдения. Камеры работают в умном режиме видеонаблюдения на всех ключевых предприятиях СИБУРа — ЗапСибНефтехим (73 %), Томскнефтехим (94 %), СИБУР-Химпром (71 %), Красноярский завод синтетического каучука (79 %), Воронежсинтезкаучук (58 %). К концу 2021 года эффекты от использования технологии приблизятся к 80 млн рублей.

Цифровые технологии СИБУР применяет не только внутри предприятий, но и за их пределами. Так, для поддержки клиентов был запущен проект «Удаленный эксперт AR» собственной разработки. Продукт представляет собой комплекс дополненной реальности для общения с коллегами, экспертами и консультантами из других городов или стран.

Используя комплекс дополненной реальности, сотрудники Технического сервиса СИБУРа дистанционно консультируют клиентов по переработке продукции, выпускаемой Холдингом. Специалисты сервиса отправляют клиенту AR-очки и помогают с наладкой оборудования вместо того, чтобы ехать самим.

Технология существенно сокращает финансовые и временные издержки компании и ее клиентов. AR-очки уже применяются на регулярной основе для обслуживания оборудования у клиентов в России и СНГ, а в скором времени будут тиражированы для Китая, Европы и Турции.

Еще до начала пандемии СИБУР начал пилотировать технологию AR-консультаций и постепенно внедрять ее для внутренних потребностей Компании. В период строгих карантинных ограничений «Удаленный эксперт AR» позволил предприятиям работать в штатном режиме, проводить необходимые ремонтные и пусконаладочные работы даже быстрее, чем до пандемии. После успешных испытаний инструмент стал доступен для всех сотрудников на производственных площадках СИБУРа, а наиболее активно он используется в ЗСНХ (ЗапСибНефтеХим) и СТГ (СИБУРТюменьГаз).

На аппаратном уровне «Удаленный эксперт AR» представляет из себя комплект из AR-очков с камерой, внутренним дисплеем и возможностью подключения к WiFi. Специалисты СИБУРа разработали программное обеспечение на базе Android, позволяющее работать с любыми AR-очками. Кроме того, исполнитель работ может воспользоваться сервисом со смартфона, если на предприятии нет своего экземпляра AR-гарнитуры.

Продукт максимально прост, и он не требует обучения персонала. Видео на AR-очках записывается в формате HD720p и сохраняется в зашифрованном виде, при этом вся работа AR-платформы осуществляется с соблюдением строгих требований информационной безопасности. Кроме того, в платформе доступна отчетность и статистика по проведенным сеансам. UI AR-очков включает в себя всю информацию о сеансе: системные показатели (время сеанса, заряд батареи и качество связи), чат с экспертами «по ту сторону экрана» и набор стикеров для быстрых реакций.

Сеанс проводится в формате аудиозвонка, однако эксперт также может отправлять сообщения в чат, помогать себе в коммуникации с исполнителем с помощью инструмента «Указка», делать скриншоты трансляции и выводить любые документы со своего компьютера исполнителю на экран.

Наиболее часто СИБУР применяет комплекс дополненной реальности при:

- монтажных и пусконаладочных работах;
- приемке оборудования;
- контроле проведения работ;
- предпроектном обследовании и аудите.

К примеру, выполняя стандартную задачу по проведению пусконаладочных работ (ПНР) смонтированного оборудования с использованием дополненной реальности, работникам ЗСНХ удалось:

- на 100 % сократить затраты на карантин экспертов;
- на 30 % снизить тарифную ставку экспертов;
- на 5 дней сократить срок проведения ПНР;
- в результате сэкономить 4 млн рублей на ПНР.

В июне 2021 года СИБУР сделал «Удаленный эксперт AR» доступным для внешних заказчиков. Вывод продукта на рынок был обусловлен значительными экономическими эффектами от его применения. Так, с помощью удаленных консультаций в формате дополненной реальности СИБУР сэкономил в 2020 году более **20 миллионов рублей** на командировочных расходах, лишние часы работы консультантов и простоя оборудования.

Болезнь проще и дешевле предупредить, чем лечить. Справедливо это и для функционирования производства. Сбои, простои и аварии не только нарушают равномерный цикл производства и влекут дополнительные расходы, но и создают угрозу жизни и здоровью персонала. Предотвратить эти ситуации и сократить временные и финансовые затраты помогают цифровые решения, разработанные специально для ТООИР. Они позволяют отслеживать параметры работы машины, предупреждать о выходе оборудования из строя, блокировать неправильные действия обслуживающего персонала. Система онлайн-мониторинга не даст забыть о необходимости проведения планового обслуживания или самостоятельно подаст сигнал об обнаруженной ошибке. А решения по хранению и обработке данных повысят качество аналитики и возможности прогнозирования развития событий с целью принятия эффективных управленческих решений. ➡

Материал подготовлен на основании данных:
 Как это работает: online-мониторинг экскаваторов для заказчиков и производителя,
 «За тяжелое машиностроение», УЗТМ-КАРТЭКС;
 «Мобильный обходчик»: как идет внедрение в «Теплоэнерго», «Теплые вести»;
 «ЕВРОЦЕМЕНТ групп» совершенствует систему мобильного мониторинга оборудования,
 «ЕВРОЦЕМЕНТ групп»;
 Предсказательный мониторинг: опыт реализации проекта в «Сахалин Энерджи», Вадим Борисов, Максим Бакулин, «Вести Сахалин Энерджи»;
 Трансформация ТООИР: диагноз поставит система стационарной диагностики, Ирина Милохина, «Новости Металлоинвест»;
 Журнал дефектов: как идет внедрение в «ТТК-1», «Энергия Северо-Запада»;
 На КАО «Азот» стартовал второй этап внедрения электронной системы обходов, «СДС Азот»;
 СИБУР запустил AR-консультантов на предприятиях клиентов, Корпоративный сайт <https://www.sibur.ru>.

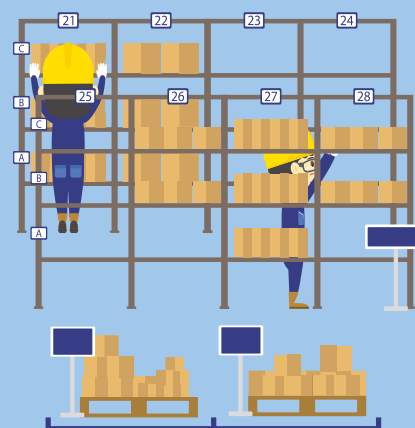
- КАК НАЧАТЬ ПРОЕКТ? 7
- ОЦЕНКА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ 19
- КОНТРОЛЬНЫЕ ЛИСТЫ 41
- ПРОВЕРКА ЗА 1 МИНУТУ 64

5S: ПРАКТИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО ПО ВНЕДРЕНИЮ

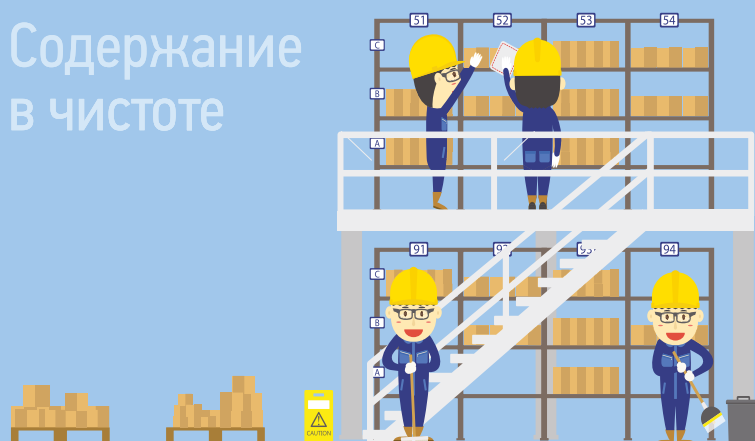
Сортировка



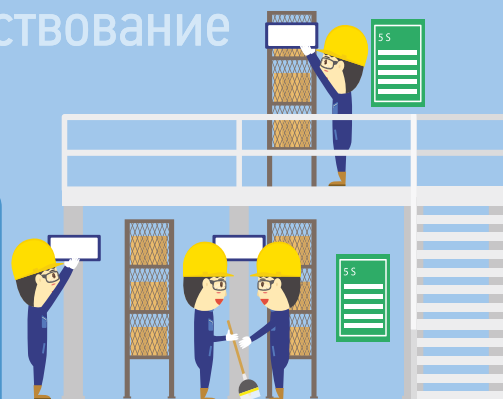
Соблюдение порядка



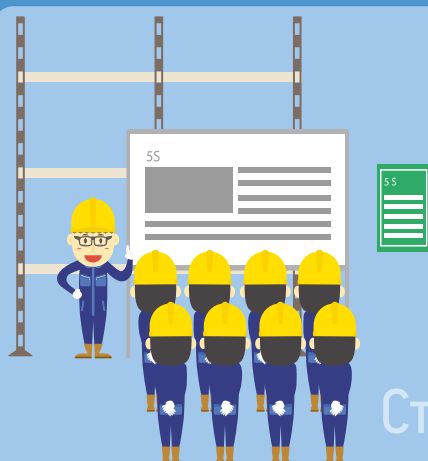
Содержание в чистоте



Совершенствование



Стандартизация



Узнать больше



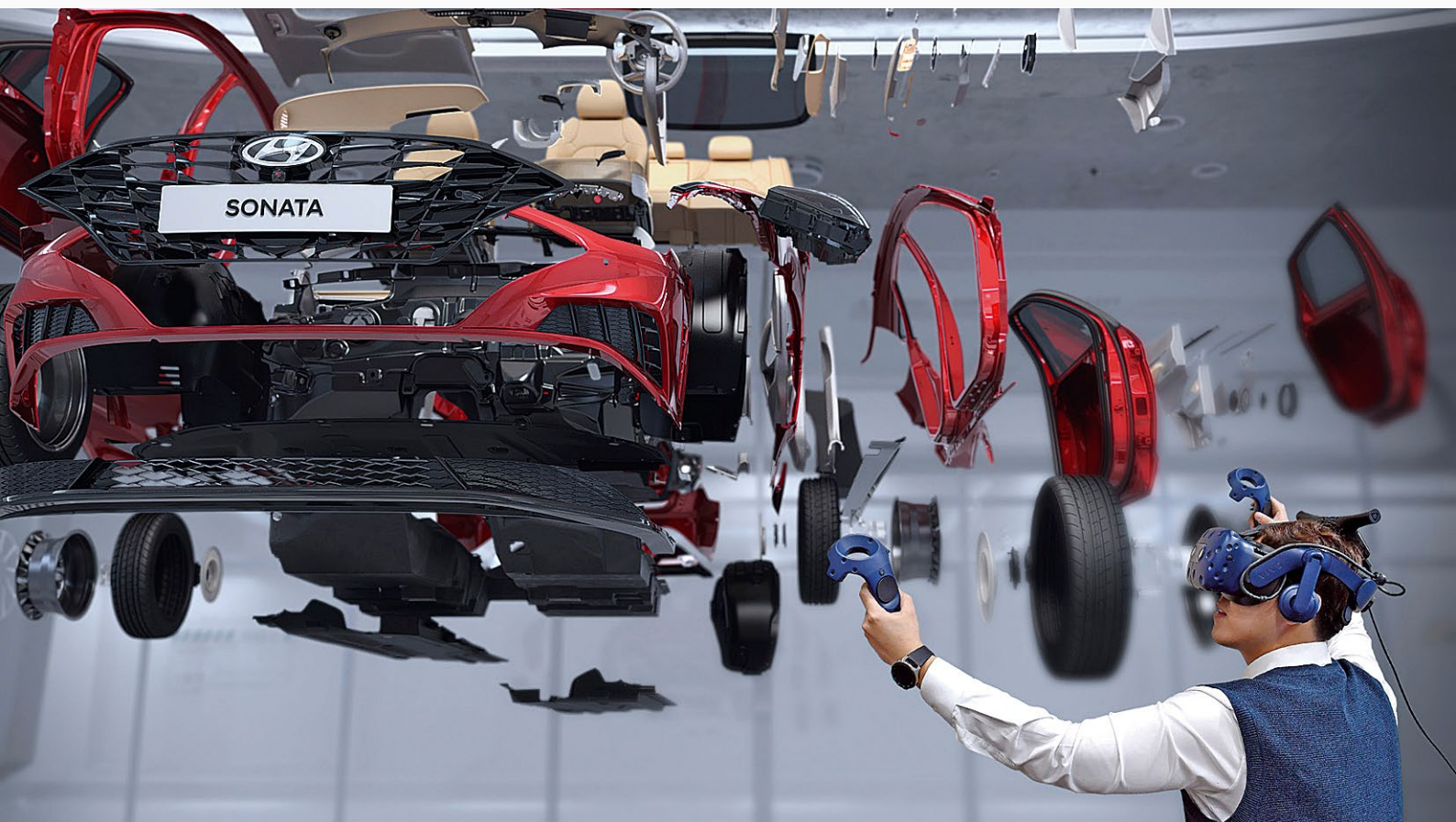
Демо-версия

ВИРТУАЛЬНАЯ И ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ

Искусственный интеллект, умные фабрики, беспилотники и суперкомпьютеры еще совсем недавно встречались лишь на страницах фантастических книг. Сегодня — это наша реальность, которая обретает все новые воплощения, продолжая развиваться все более быстрыми темпами.

На страницах альманаха «Цифровое производство» мы разбираемся, в чем разница между смешанной, дополненной и виртуальной реальностью, и на практических примерах рассматриваем, как эти технологии могут применяться при разработке продуктов, проведении ремонтных работ, обучении, а также обеспечении безопасности на производстве

Новая реальность: MR и VR в проектировании, ремонте, обучении



Технологии смешанной и виртуальной реальности — неотъемлемая часть четвертой промышленной революции, хотя для многих они остаются знакомы только по индустрии развлечений. Однако потенциал их применения гораздо шире. Рассмотрим реальные возможности MR- и VR-технологий на практических примерах.

В чем разница между MR и VR?

Понятие смешанная реальность (Mixed reality, MR) охватывает дополненную реальность (AR) и дополненную виртуальность (AV). По сути, это объединение реального и виртуальных миров, где физические и цифровые объекты сосуществуют и взаимодействуют в реальном времени. Можно сказать, что в MR человек видит реальный мир через фильтр, добавляющий различные цифровые объекты.

Дополненная реальность (Augmented reality, AR) подразумевает, что на реальный мир накладывается виртуальное изображение. Дополненная виртуальность (Augmented virtuality, AV) позволяет помещать физические объекты в виртуальное пространство.

Человек может взаимодействовать с MR с помощью различных команд: нажатия на устройство, жестов, маркеров, голоса или же путем правильного соблюдения последовательности действий.

Фото: «Хендэ Мотор Мануфактуринг Рус»

Благодарим Отдел связей с общественностью компании «Хендэ Мотор Мануфактуринг Рус» за предоставление данного материала.

Виртуальная реальность (Virtual reality, VR) — это созданный техническими средствами мир, передаваемый человеку через его ощущения: зрение, слух, осязание и другие. Основное отличие VR от MR заключается в том, что в VR реальные объекты полностью исчезают из поля зрения человека, и он видит только виртуальную среду.

Для взаимодействия с виртуальным миром используются различные контроллеры. Большой эффект погружения достигается за счет использования контроллеров, которые максимально соответствуют моделям в виртуальном пространстве, например, компьютерного руля с педалями или рукояток управления устройствами. Существуют и бесконтактные устройства взаимодействия с VR: перчатки с обратной тактильной связью или костюмы виртуальной реальности, позволяющие отслеживать положение человека в пространстве и передавать тактильные ощущения.

Итак, резюмируем: представьте, что вам предстоит решить, где установить новое кресло в комнате.

AR. Если вы через экран планшета видите реальную комнату и виртуальную модель кресла, это AR.

AV. Если через экран планшета вы видите виртуальную модель комнаты и реальное кресло, это AV.

VR. Если все, что вы видите (и комната, и кресло, и вы сами), — виртуальные модели, это VR.

В компании **Hyundai** первый автомобиль, оснащенный интерактивной инструкцией с поддержкой дополненной реальности, появился в 2015 году. Электронный справочник через камеру смартфона или планшета распознавал 45 различных агрегатов и мог продемонстрировать 82 анимированных видеоролика, связанных с их использованием.

Позже на производстве была запущена VR-система анализа конструкторских решений, благодаря которой был создан концепт грузовика на водородных топливных элементах HDC-6 Neptune.



Интерактивная инструкция с поддержкой дополненной реальности работает через камеру смартфона

Создание макета грузовика из глины стоит сотни тысяч долларов и позволяет воплотить только одно решение экстерьера, в то время как в виртуальной реальности гораздо проще, быстрее и дешевле воссоздать разные решения как для экстерьера, так и для интерьера продукта.

А с 2019 года технологии виртуальной реальности стали широко применяться в компании **Hyundai Motor** для разработки автомобилей. VR-система анализа конструкторских решений поддерживает до 20 пользователей одновременно, расширяя возможности совместной работы разных групп. Система моделирует элементы наружной и внутренней конструкции, освещение, цвета, материалы, а также создает виртуальное окружение и позволяет проводить виртуальные испытания в различных моделируемых ситуациях и обстановке.

Смешанная реальность в промышленности

По оценкам экспертов, к 2022 году рынок промышленных технологий виртуальной и дополненной реальности в России составит внушительные 9,2 млрд рублей в год. Объясняется это их очевидными преимуществами.

Снижение ошибок при сборке. Через очки дополненной реальности приложение «подсвечивает» компонент, который необходимо установить, что позволяет снизить количество ошибок. Такое решение особенно эффективно, если комплектаций в производстве много или их спецификация часто меняется.

Контроль качества. Благодаря специальным маркерам AR-технологии позволяют быстро проверить выполнение простых операций (в каком положении находятся переключатели или вставлена ли вилка в розетку) и вывести уведомление на экран оператора.

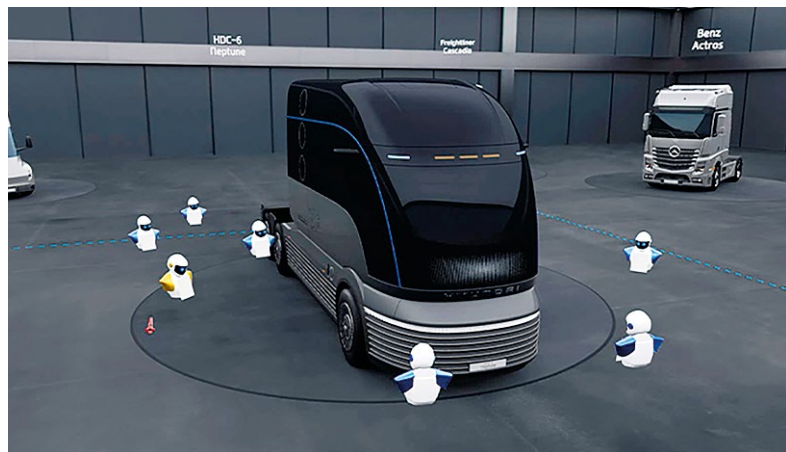
Подсказки при проведении ремонта или технического обслуживания. Считывая маркер на оборудовании, сотрудник может загрузить подробную инструкцию по его обслуживанию или ремонту. Технология дополненной реальности позволяет выводить подсказки, привязанные к определенным деталям оборудования, указывать на последовательность проверки компонентов, «подсвечивая» их, или показать оборудование «в разрезе», выводя изображение в отдельном голографическом окне.

Удаленная техподдержка. Очки дополненной реальности в паре с ПО, обеспечивающим голосовую и видеосвязь, в последнее время все чаще используются для удаленного консультирования. Инженеры, находящиеся по другую сторону земного шара, будут видеть все глазами оператора, находящегося рядом с оборудованием. Это позволяет не только провести предварительную диагностику удаленно, но и при необходимости устранить поломку силами сотрудника на месте. В дополненной реальности

есть возможность рисовать подсказки, привязанные к определенным узлам оборудования, и выводить на экран схемы или чертежи деталей.

Приемка оборудования. Благодаря очкам дополненной реальности можно увидеть оборудование до его отправки, вывести на экран проектную документацию при возникновении спорных вопросов и убедиться в полном соответствии спецификации, так как все замеры производятся в реальном времени, а результаты видны всем участникам. Благодаря технологиям AR достаточно, чтобы рядом с оборудованием находился один сотрудник поставщика в очках дополненной реальности, остальные вовлеченные стороны могут наблюдать за ходом проверки удаленно по видеосвязи.

На пивоварнях **HEINEKEN** дополненная реальность открывает новые возможности быстрого и качественного ремонта оборудования. «Пивоварня Хейнекен» в Санкт-Петербурге и «Волга» в Нижнем Новгороде первыми среди российских предприятий компании подключились к международному проекту «Удаленный эксперт», который реализуется в 14 подразделениях HEINEKEN по всему миру. «Умными очками» одновременно пользуются более 150 специалистов на 25 пивоварнях. Проект направлен на решение сразу нескольких задач: компании важно обеспечить доступность узких специалистов для оперативной работы с оборудованием и технологическими процессами на заводах, а также сократить время и затраты для устранения технических неисправностей с привлечением экспертов из других



Разработка концепта грузовика на водородных топливных элементах HDC-6 Neptune в виртуальной реальности была гораздо проще, быстрее и дешевле

локаций, что стало особенно важным для оперативной и безопасной работы в условиях пандемии.

С помощью новой технологии специалисты «Пивоварни Хейнекен» и завода «Волга» могут в мельчайших деталях продемонстрировать коллегам в других городах и странах, как они выполняют важные операции на производстве, а также обмениваться опытом и мнениями во время групповых аудио- или видеозвонков. «Умные очки» позволяют освободить руки специалистов, больше не нужно держать камеру, смартфон или ноутбук, чтобы продемонстрировать поломку коллегам. Другими словами, эксперты на другом конце света могут будто бы



VR-система анализа конструкторских решений Hyundai поддерживает до 20 пользователей одновременно и позволяет проводить виртуальные испытания в различных моделируемых ситуациях.

своими глазами видеть оборудование и тем самым «управлять» действиями специалиста, который физически находится рядом с оборудованием. Им даже не требуется дополнительная пара очков — достаточно любого девайса, с помощью которого можно выйти в интернет.

Технология дополненной реальности решает широкий спектр производственных вопросов: обеспечивает качественную связь между техническими специалистами, позволяет выводить на экран очков чертежи и текстовые сообщения, рисовать подсказки, фиксировать на видео процесс работы и сохранять его на сервере.

С помощью многофункциональных «умных очков» с технологией дополненной реальности специалисты компании планируют на 25 % сократить затраты времени на ремонт сложного оборудования.

Виртуальная реальность в промышленности

Обучение. Технологии VR применяются как для обучения действиям по рабочей инструкции, так и для отработки поведения при чрезвычайных ситуациях или авариях, а также для обучения работе со сложным высокотехнологичным оборудованием. Использование VR для обучения позволяет погрузить сотрудника в виртуальную среду и выработать необходимые навыки без угрозы для здоровья, риска поломки дорогостоящего оборудования или вреда для окружающей среды. Также VR позволяет не тратить время высококвалифицированных специалистов на обучение новичков.

Эффективность VR-обучения достигается за счет возможности погрузить пользователя в ситуации, максимально приближенные к реальным. При использовании VR пользователь полностью фокусируется на учебном материале. Пройти обучение можно неограниченное число раз, доведя действия до автоматизма. Запись сессии позволяет провести подробный анализ действий и лучше отслеживать прогресс. Кроме этого, в VR-симуляциях можно показать последствия неправильных действий, что оказывает сильное влияние на мотивацию выполнять инструкции и снижает количество ошибок.

Анализ эргономики. Воссоздание рабочих мест и целых зданий в виртуальной реальности позволяет избежать ошибок в проектировании: заранее оценить инфраструктуру, будущее расположение оборудования и дизайн помещений. Загружая 3D-модель здания в VR, проектировщик может увидеть проект в масштабе 1:1 и вместе со специалистами по логистике и безопасности проверить сценарии работы и соответствие требованиям до введения здания в эксплуатацию. Кроме того, такое виртуальное здание можно показать внутренним и внешним заказчикам проекта.

Разработка прототипа. Виртуальная реальность позволяет смоделировать прототип, провести



*«Умные очки» позволяют сотрудникам **HEINEKEN** в реальном времени получить поддержку узких специалистов из любой точки земного шара*

тестирования и внести изменения в цифровую модель до реализации «в металле», что значительно снижает затраты. Виртуальный прототип в масштабе 1:1 выступает своего рода общим «языком», на котором могут говорить все участники проекта: как инженеры-конструкторы, так и генеральные директора с заказчиками.

Работа географически распределенной команды. Создание модели в виртуальной реальности позволяет организовать совместную или параллельную работу специалистов из разных стран без дорогостоящих командировок, а также сократить время на согласование проекта.

Экскурсии. Виртуальные экскурсии эффективны, когда необходимо продемонстрировать удаленные, опасные или по разным причинам скрытые объекты. Такое решение может использоваться для привлечения нового персонала, обучения и проведения первичных инструктажей.

В компании «Газпром нефть» технология виртуальной реальности применяется при обучении сотрудников. Компания постоянно внедряет и применяет среди своих сотрудников практики регулярного менеджмента (ПРМ), главная задача которых — обеспечить поддержку управленческих навыков у руководителей. С учетом размера группы сотрудников (более 8000 человек) это весьма

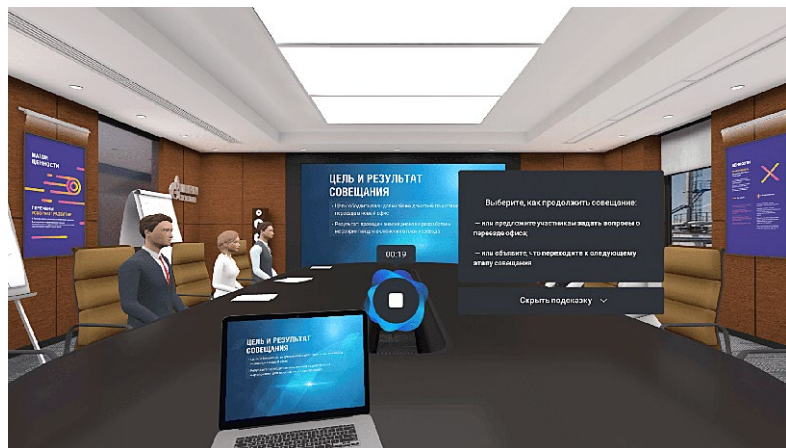
непростая задача. Поэтому в 2019 году для отработки полученных в ходе тренингов знаний компания пришла к такому инструменту развития soft skills, как обучение в виртуальной реальности.

VR-тренажер — это симуляция реальной ситуации в виртуальной среде, созданная по определенному сценарию. Благодаря такому формату можно в точности воспроизвести помещения, объекты и обстановку. Пользователь может вербально взаимодействовать с ботами, а они будут реагировать на любое его действие. Таким образом тренажер виртуальной реальности создает эффект «полного погружения».

Плюсы этого решения:

- безопасная среда — сотрудник компании может совершить ошибку в ходе тренировки и это не приведет к непоправимым последствиям;
- полнота погружения в процесс — надев VR-очки, человек будет максимально сконцентрирован на симуляции и не будет отвлекаться на различные внешние факторы и раздражители;
- эффект присутствия и реалистичность симуляции — специфика технологии VR позволяет создать ситуацию, максимально приближенную к реальности, в которой пользователь сможет отработать и закрепить необходимые навыки;
- wow-эффект — новые технологии и необычный девайс вызывает интерес и положительные эмоции у сотрудников.

Сотрудники компании уже опробовали VR-курс по направлению «Проведение совещаний». Обучение проходит на онлайн-платформе, которая позволяет установить тренажер как на ПК, так и на очки и шлемы виртуальной реальности. Авторизовавшись в системе и запустив симуляцию, вы оказываетесь в переговорной комнате в офисе, где можете взаимодействовать с виртуальными коллегами. Особенность курса состоит именно в том, что с помощью



VR-тренажер моделирует реальные рабочие ситуации, помогая сотрудникам отработать навыки в безопасной среде

технологий виртуальной реальности удалось смоделировать реальные рабочие ситуации, в которые может попасть руководитель или любой другой сотрудник компании.

Курс состоит из трех разделов:

- «Теория», где сотрудники вспоминают, какие существуют этапы, типы и инструменты совещания, рассматривают шаги по подготовке к совещанию, принципы его проведения и алгоритмы подведения итогов.
- «Обучение», в котором сотруднику необходимо пошагово осуществить подготовку совещания, его проведение и подведение итогов. Голосовой помощник подсказывает порядок действий, а система подтверждает правильность выбора либо указывает на ошибку.
- «Тренировка» — на этом этапе сотрудник проводит совещание самостоятельно. Здесь любые решения влияют на ход совещания. Каждой критичной ошибке соответствует свой сценарий — их более 20. Например, если участник тренинга выберет неверную цель совещания, сотрудники разозлятся, что вы потратили их время зря, и симуляция завершится. В конце тренировки система рассчитывает количество набранных баллов и оценивает соответствие алгоритму.

В процессе разработки VR-курс постоянно тестировался экспертами и методологами. На этапе внедрения они отмечали, что за счет характеров, реакций ботов и использования дополнительных виртуальных инструментов можно воссоздать ситуацию, максимально приближенную к реальному совещанию. Любые ошибочные действия пользователя или незапланированные события несут за собой определенные последствия. Это помогает сотрудникам отработать навыки в безопасной среде.

Еще одно преимущество VR-курса, по мнению экспертов, состоит в том, что в нем есть теоретический блок, к которому всегда можно вернуться в процессе прохождения симуляции и найти нужную информацию. Модуль обучения позволяет на практике



VR-тренажер позволяет сотрудникам «Газпром нефть» выстроить симуляцию реальной ситуации в разных сценариях

отработать знания, полученные при изучении теории.

В пилотном курсе приняли участие более 110 руководителей из различных дочерних организаций «Газпром нефти». Результаты проведения фокус-групп совпали с мнением экспертов:

- 82 % участников заявили, что курс помог им применить теоретическую информацию на практике;
- 70 % опрошенных порекомендовали бы такой способ развития навыков коллегам и друзьям;
- 52 % респондентов отметили, что особенно их привлекла возможность следить за сюжетом и последствием ошибки в модуле «Тренировка».

Минусы и особенности внедрения

К минусам использования VR в первую очередь можно отнести высокую стоимость и длительный срок разработки. При этом необходимо понимать, что коробочных решений на рынке крайне мало и в большинстве случаев продукты MR и VR создаются с нуля под конкретный проект. Представьте, что вы запрашиваете у поставщика стоимость лицензии Windows 10, а получаете стоимость ее разработки. Это совсем другие цифры.

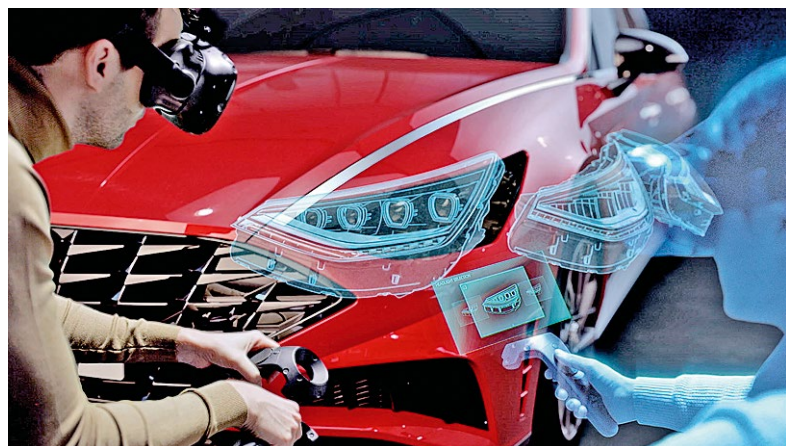
Использование уникальных контроллеров, имитирующих органы управления оборудования, позволит достичь большего погружения, но вместе с тем приведет к значительному увеличению затрат. Поэтому при обучении в виртуальной реальности чаще отрабатывается именно порядок действий, а не механика взаимодействия с объектами. Также создание копии производственной площадки или отдельного оборудования в виртуальной реальности — крайне дорогостоящий и длительный процесс, поэтому он целесообразен в областях опасного производства или там, где при выполнении действий требуется высокая точность. В остальных случаях с экономической точки зрения эффективней использовать упрощенные модели.

Как запустить MR/VR-проект?

Технологии смешанной и виртуальной реальности, без сомнений, зрелищны, но они не будут работать без конкретной необходимости и корректно поставленных задач. В самом общем виде внедрение MR/VR-проекта состоит из предпроектного исследования, проверки гипотез и масштабирования проекта.

Предпроектное исследование:

- формирование гипотез о том, где и как может быть эффективен MR или VR;



VR-система анализа конструкторских решений Hyundai

- формирование показателей, по которым можно подтвердить или опровергнуть полезность MR или VR;
- формирование списка требований к MR или VR-приложению на основании результата исследования;
- формирование технического задания;
- формирование пакета проектной документации.

Итоги предпроектного исследования:

- предполагаем, для чего будет применяться MR или VR;
- понимаем, по каким показателям измерить эффективность MR или VR;
- имеем описание необходимого для разработки продукта.

Проверка гипотез:

- разработка пилотного проекта на основании ТЗ из предпроектного исследования;
- внедрение пилотного продукта;
- измерение метрик;
- формирование выводов о пользе MR или VR.

Итог проверки гипотез: формируем финальное мнение о пользе смешанной или виртуальной реальности, основанное на измеримых показателях.

Пилотный проект — это только самое начало пути. После накопления опыта предстоит сформировать понимание, как технология будет масштабирована, скорректирована или настроена под конкретные бизнес-процессы. 

Подготовка материала велась с использованием данных:

- 1) На пивоварнях HEINEKEN Россия внедрили технологию «умные очки», октябрь 2021, <https://heinekenrussia.ru/>;
- 2) Сотрудники «Газпром нефти» тренируют soft skills в VR, июль 2021, <https://vc.ru>

«Цифровой рабочий»: как обеспечить безопасность на производстве



Технологии виртуальной реальности приобретают все большее распространение в самых разных отраслях промышленности. Они помогают моделировать процессы, проектировать новые продукты, контролировать качество, обучать — и спасать жизни. Так, наряду с цифровым заводом появляется «цифровой рабочий» — экипированный очками дополненной реальности, «умными часами», «умной каской», множеством приложений на смартфоне, которые помогают сделать его труд безопаснее, комфортнее и эффективнее. И это не фантастика, а реальность для многих российских предприятий.

Фото: Дмитрий Коновалов

Обучение в виртуальной реальности

На ЭХЗ навыки, полученные в виртуальной реальности, защищают работников в реальности. Со стороны это выглядит, как будто человек играет в компьютерный квест-«бродилку», а на самом деле — приобретает вполне реальные навыки работы в электроустановках.

На предприятии озаботились тем, что несмотря на качественное и регулярное обучение сотрудников работе с электротехническим оборудованием, практические навыки ликвидации аварийных ситуаций наработать крайне затруднительно. Причина в том, что тренироваться на действующем оборудовании, даже на том, которое выведено в ремонт, и неудобно, и рискованно — хотя бы в силу того, что не все операции можно совершить, не включив его в работу по-настоящему. А как показывает статистика несчастных случаев: более 40 % ошибок случается именно при включении и отключении оборудования, оперативных переключениях, осмотре, ремонтных и профилактических работах, испытаниях, в том числе и в аварийных условиях. То есть эффективность стандартных приемов и инструментов обучения не так высока — нужен реальный опыт в аварийной ситуации. А как его получить?

В 2020 году специалисты цеха сетей и подстанций своими силами разработали и смонтировали учебный тренажер. Он представляет собой расположенную в отдельном помещении «батарею» ячеек комплектно-распределительных устройств (КРУ) нескольких типов, в которых полностью работают все элементы управления и сигнализации, устройства автоматики и релейной защиты, измерительные приборы. Нет в них только рабочего силового напряжения — электрические шины ячеек никак не связаны с заводской системой электроснабжения. Натурный тренажер введен в работу и уже активно используется при подготовке персонала ЦСиП — уже не только голова, но и руки запоминают, что и в какой последовательности нужно делать.

Однако применяемых на ЭХЗ типов оборудования много больше, чем можно включить в комплекс тренажера. Предложение авторского коллектива заводских энергетиков — использовать для подготовки персонала возможности набирающей популярность и расширяющей сферы применения виртуальной реальности — решает эту проблему.

Приобретенный программно-аппаратный комплекс виртуальной реальности (ПАК VR) состоит из пяти автоматизированных рабочих мест на базе персональных компьютеров, соединенных в локальную сеть. Четыре «персоналки» оснащены шлемами виртуальной реальности и манипуляторами, с помощью которых тренируемый может выполнять в «виртуале» работу «руками». Пятый компьютер — для управления процессом обучения и проверки навыков.

Ряд преимуществ ухода в виртуальную реальность налицо: в виртуальном пространстве можно «разместить» не только ячейки КРУ, а все оборудование и интерьеры целой подстанции, причем реальной, той, в которой завтра персоналу придется непосредственно работать. Более того, софт ПАК VR позволяет моделировать различные задачи и ситуации, связанные с обслуживанием энергообъекта, что расширяет возможности процесса обучения.

Есть и еще один нюанс: эффект присутствия еще больше способствует появлению и закреплению навыков работы с вполне конкретным оборудованием. Говорят, что после тренировок в виртуальной реальности у человека, которому потом поручают работу в «реале», возникает ощущение, что он уже был в этом помещении и выполнял эти действия.

Использование программно-аппаратного комплекса виртуальной реальности:

- минимизирует риск ошибочных переключений в электроустановках;
- минимизирует риски получения травм;
- повышает культуру безопасности;
- сокращает время и расходы на проведение обучения персонала.

Совместное использование натурального учебного тренажера и ПАК VR позволяет проводить широкий спектр учебных занятий для электротехнического персонала — индивидуальные, коллективные, отработки практических навыков оперативных переключений, противоаварийные тренировки, прием экзаменов. Теперь подготовка персонала проходит в удобное время, не надо дожидаться вывода оборудования в ремонт. Само собой, исключено и возможное ошибочное отключение при отработке условных действий на работающем оборудовании.

Ход и результаты занятий в «виртуале» сохраняются, теперь после тренировок можно проанализировать поведение обучаемого в различных сценариях рабочих и аварийных ситуаций, обозначить ошибки, тщательно проработать последовательность действий... А затем довести их до автоматизма в последующих тренировках.

Мобильные устройства и приложения

На «ЕвроХим-ВолгаКалии» идет внедрение системы автоматизации охраны труда, промышленной безопасности и экологии, и составной частью системы является специальное приложение, устанавливаемое на мобильных устройствах. Приложение позволяет сотрудникам предприятия выявлять и ликвидировать возможные риски и любые несоответствия правилам техники безопасности на промплощадке комбината. Работники, установившие приложение, фиксируют на территории ГОКа места или процессы с потенциальной опасностью, а затем отправляют эту информацию в систему. Сообщение автоматически получают коллеги из управления промышленной безопасности, охраны труда и экологии, которые

организуют устранение выявленного несоответствия. Это приложение уже загружено и активно применяется на 50 смартфонах сотрудников «ЕвроХим-ВолгаКалия».

Важная часть системы — это аудиты безопасности с применением разработанных чек-листов на 10 разных аспектов промбезопасности. Специалисты по ОТиПБ, вооруженные планшетами, отправляются на проверку объектов. Использование планшета позволяет оперативно отправлять результаты обследования на рабочие компьютеры, откуда работник службы охраны труда направляет информацию о выявленных нарушениях руководителям проверяемых структурных подразделений.

Сейчас «ЕвроХим-ВолгаКалий» укомплектован достаточным количеством планшетов, чтобы оперативно проводить проверку подразделений предприятия по различным аспектам промышленной безопасности. Применение такой системы значительно сокращает документооборот, обеспечивая возможность проведения максимального количества проверок на разных объектах за короткий промежуток времени.

— Охрана труда — это основа корпоративной стратегии, — подчеркивает исполнительный директор «ЕвроХим-ВолгаКалий» Евгений Сахаров. — И мы неустанно работаем над повышением уровня безопасности производства «ЕвроХим-ВолгаКалия». Наша цель — вовлечь в этот процесс всех сотрудников, чтобы каждый человек четко осознавал, что от его навыков и культуры поведения зависит сохранность жизни и здоровья не только его самого, но и его коллег.

В компании **Металлоинвест** специально разработанные приложения помогают сотрудникам выявлять опасные места и нарушения техники безопасности. Проект получил название «Охота на риски».

У мастера или начальника участка много забот, и всегда есть вероятность упустить что-то напрямую



Фото: ЕвроХим-ВолгаКалий

не связанное с производством вроде оторванного перильного ограждения или нехвата перегоревшей лампочки. Мысль «Не забыть пометить в журнале!» вытесняется одним, вторым, третьим... Новое приложение для смартфона, которое решит эту проблему, представил директор департамента развития системы управления процессами промышленной безопасности и охраны труда Металлоинвеста Владимир Варламов, курирующий проект «Охота на риски». Первыми его опробуют три десятка линейных руководителей ЭСПЦ и доменного цеха. Впоследствии софт установят и на смартфоны сотрудников в других структурных подразделениях.

Освоить приложение просто. Допустим, обладатель смартфона заметил незакрепленное ограждение технологического проема, а значит, есть риск падения с высоты кого-то из работников. Стал ли он первым, кто обнаружил проблему, можно уточнить в разделе «Информация по ранее зарегистрированному риску». Если до этого опасность никто не видел — жмем кнопку «Зарегистрировать риск».

Далее «охотнику» с мобильником остается заполнить четыре графы. В графе «Описание риска» можно, к примеру, указать: «Травмирование персонала в результате возможного падения с высоты». Поля «Участок», «Классификация риска» и «Посещаемость» автоматически предложат варианты ответов, достаточно выбрать нужный. Последний шаг фиксации проблемы — фотография места события.

После нажатия кнопки «Отправить» собранная информация с деталями описания сохраняется в общей базе. О стадиях устранения опасности автор сообщения узнает из уведомлений. Одновременно с ним контролировать исполнение будут руководители цеха и специалисты управления промышленной безопасности.

Управляющий директор Уральской Стали Ильдар Исаков вместе с главным инженером комбината и директором по ПБ, ОТ и ОС проверили работу

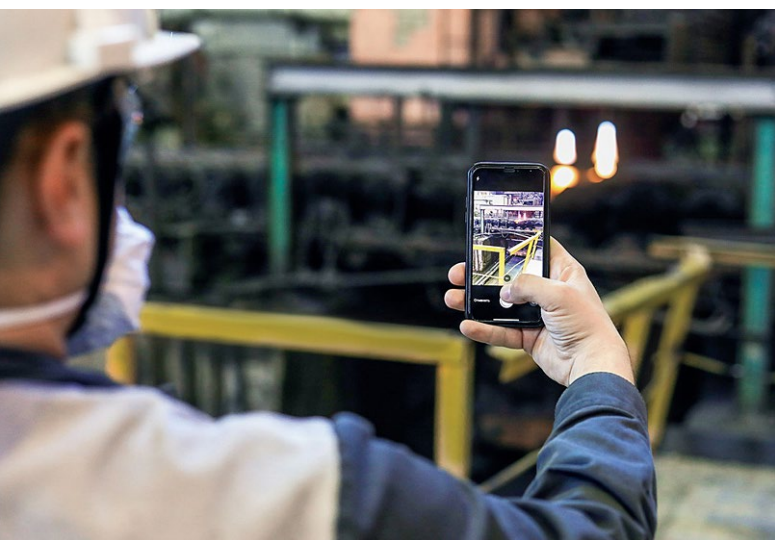


Фото: Резеда Яубасарова, УК «Металлоинвест»

приложения на примере фасонно-литейного цеха. В ходе тестирования они обнаружили 26 рисков и оценили простоту использования программы. Участники теста обсудили перспективы подключения искусственного интеллекта для определения уровней риска (сейчас они ранжируются вручную) и разграничение полномочий между руководителями цехов и службой охраны труда.

Системы допуска

В ОЭМК им. А. А. Угарова (Металлоинвест) тестируют новую электронную систему учета и хранения ключ-бирок. Речь идет о ключ-бирках к механизмам с электроприводом, которые управляются с пультов и задействованы не постоянно, а по необходимости. Например, к передаточным тележкам, консольным кранам и так далее. Как рассказал начальник отдела охраны труда, промышленной и экологической безопасности Алексей Косарев, сегодня ключ-бирка выдается работнику только в присутствии мастера и сопровождается определенной бумажной волокитой. Внедрение этой системы позволит исключить несанкционированный доступ к оборудованию и снизит объемы бумажной работы.

Алгоритм таков: работник прикладывает к датчику свой пропуск, система сверяет информацию, разблокирует дверь стэнда и выдает ключ-бирку от механизма, к которому получатель имеет доступ. Ни один «не разрешенный» взять не получится. При этом мастер из цепочки исключается и может заниматься более важными делами. Возвращение ключ-бирки также происходит по пропуску.

— Внедрение электронной системы учета и хранения ключей-бирок, прежде всего, повысит безопасность труда каждого работника и позволит более эффективно использовать человеческие ресурсы, — отметил Сергей Туголуков, ведущий специалист по развитию Бизнес-Системы СПЦ № 2. — Кроме того, мероприятие включено в цеховой проект по дебиюрократизации и направлено на сокращение всех видов потерь, что очень актуально в рамках новой стратегии Металлоинвеста.



Фото: Валерия Воронова, ОЭМК им. А. А. Угарова

Умные каски

«Умные каски» на Березовской ГРЭС являются частью интегрированной системы сбора, обработки и анализа данных с целью мониторинга за соблюдением правил техники безопасности и работают в дополнение к «Мобильному обходчику».

Новая система позволяет в онлайн-режиме получать информацию о местонахождении сотрудника, который вошел в производственную зону, контролировать параметры его жизнедеятельности и быстро найти человека в том случае, если он потерял сознание или получил травму на территории электростанции.

Теперь перед выходом в производственную зону сотрудники вместе с обычными средствами индивидуальной защиты берут с собой носимые устройства системы «Умные каски» — трекеры. Они работают в онлайн-режиме, имеют встроенные датчики пульса, температуры тела и падения, тревожную кнопку и систему автоматического оповещения при пересечении заданной зоны работы или попадания в опасную зону.

Вместо обычной каски сотрудник надевает каску со встроенным электронным модулем, который



Фото: Юнипро Мегаватт



реагирует на серьезные удары по каске, ее длительную неподвижность на боку или вверх дном, контролирует наличие фазы свободного падения с высоты.

А если по каске три раза последовательно ударить рукой, она начнет передавать оператору сигнал «Мне нужна помощь».

Система оперативно выдает сигнал на автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора о том, что он пересек границу «опасной зоны» на производственной или ремонтной площадке. Оператор, наблюдающий за производственной площадкой, сразу получит информацию, если сотрудник упал с высоты, получил удар по голове или нуждается в помощи. На АРМ оператора быстро можно вывести картинку с места происшествия, получить точные координаты места, где находится пострадавший.

Для функционирования интегрированной системы безопасности на Березовской ГРЭС в производственной зоне установили 154 BLE — метки, от которых носимые устройства системы получают сигнал о месте нахождения работника, а также две базовых станции, которые принимают сигналы и передают полученные данные по кабельным связям на сервер.

Аналитический сервер, расположенный на главном щите управления, обеспечивает сбор данных от системы «Умные каски», сохраняет их в базе данных, осуществляет оперативную аналитику событий и визуализацию на АРМ оператора.

На сегодняшний день носимые устройства системы «Умные каски» получил оперативный персонал подразделений КТЦ, ЭЦ, АСУТП, ХЦ, занятый на обслуживании энергоблока № 3, также ими оснащен ИТР-состав данных подразделений.

Николай Советников, главный инженер Березовской ГРЭС:

— Система «Умные каски» позволяет нам получать онлайн-оповещение о деятельности персонала на производственной площадке и возможность на основании хранящихся в базе отчетов анализировать работу персонала за любой выбранный период. Система является дополнением к «Мобильному обходчику» для обеспечения качества обходов и осмотра оборудования, но главное — она позволяет нам не оставлять человека один на один с нештатной ситуацией. Мы сразу получаем информацию о любом инциденте или несчастном случае с нашим сотрудником, а значит, имеем возможность максимально быстро вывести его из опасной зоны и оказать помощь. Более того, имея информацию об ухудшении физического состояния человека, мы можем предотвратить у него сердечный приступ или иное обострение заболевания и своевременно направить сотрудника к врачу. Компания внедряет самое современное и недешевое оборудование с главной целью — обеспечить физическую безопасность людей на производстве.

Умные футболки и умные часы

В то время как «умные каски» знакомы на многих предприятиях, «умные футболки» для многих оказываются в новинку. Но специалисты Центра промышленной и экологической безопасности «Елховнефть» уже провели опытно-промышленные испытания этого нового инструмента мониторинга состояния здоровья работников.

На вид это обычная спортивная футболка, но она позволяет снять электрокардиограмму и замерить уровень кислорода в крови, не покидая рабочего места и в процессе работы.

Оператор надевает ее под куртку-спецовку — и все время пока он трудится, «умная» футболка снимает параметры состояния его организма, а самое главное — трехканальную электрокардиограмму. Заодно собирает данные о том, где именно сейчас находится работник, на какой высоте работает, маршрут его передвижения. Таким образом контролируется состояние здоровья и отслеживаются всевозможные ситуации: падение с высоты, отклонение от маршрута и т.д.

Регистрацию всех данных ведет смарт-бокс — электронный блок, который крепится на ткань прочным магнитом.

«При плотном прилегании к телу специализированной ткани происходит полный электрический контакт, за счет чего устройство смарт-бокс обеспечивает сбор данных, которые потом отправляет на сервер для обработки, — объясняет представитель фирмы разработчика, технический руководитель проекта

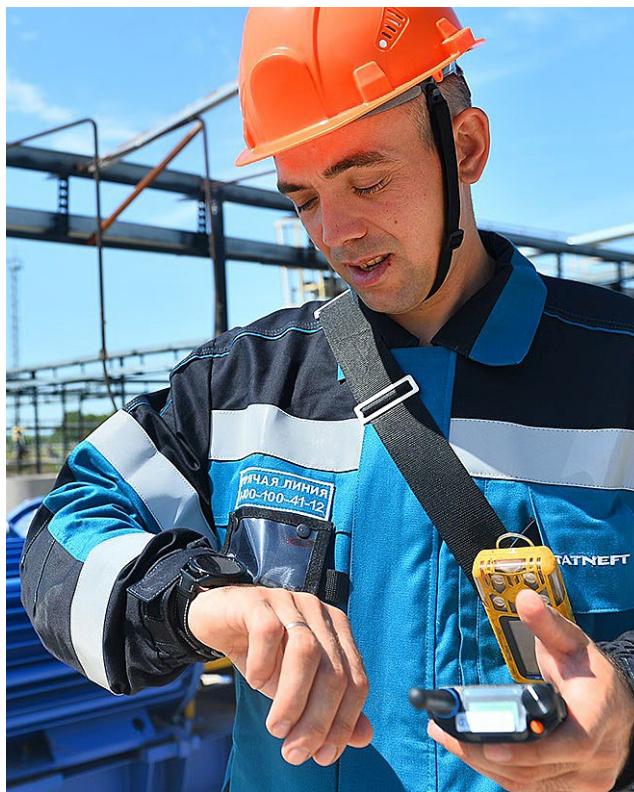


Фото: Наиля Гатауллина, «Елховнефть»

Кирилл Уланов. — Трехканальную ЭКГ наши алгоритмы используют, чтобы рассчитывать риск патологий, отслеживать записи и выдавать результат диагностики, есть или нет отклонения в медицинском плане».

Но не только футболка «следит» за здоровьем работника. «Умные часы» на запястье измеряют содержание кислорода в крови. А если работник трудится в горячей зоне (или под палящим солнцем), где высок риск получения теплового удара, часы измеряют еще и температуру тела.

«Пульсоксиметрические данные добавляются в полную клиническую картину, чтобы в процессе диагностики можно было иметь больше пространства для маневра. Больше данных — больше эффект от результатов аналитики», — поясняет Кирилл Уланов.

«Умные» футболка и часы — это часть комплекса мониторинга здоровья персонала. Кроме устройств для сбора первичных данных, в него входят алгоритмическая обработка данных, поступающих на сервер, и интерфейс пользователя, куда выводятся все данные всех сотрудников после аналитики. Он имеет несколько уровней доступа, от каждого сотрудника до топ-менеджеров. Рядовой работник видит только свои данные, руководитель подразделения — данные своих подчиненных и так далее, по восходящей.

«Я думаю, что с помощью подобных систем мы сможем оперативно принимать меры по оказанию первой помощи работникам, в том числе врачебной», — подчеркнул Руслан Каримов.

Работникам **Лебединского ГОКа (Металлоинвест)** «умные часы» также знакомы, но специалисты компании решили добавить к ним дополнительные функции. На предприятии идет пилотный проект по внедрению системы мониторинга ручного труда в рамках программы трансформации ТООИР на 2020–2023 годы. Испытания проводят специалисты управления по эффективности производственных активов совместно с экспертами ИТ-компании **Металлоинвеста**.

Суть такова: взяв за основу смарт-часы, айтишники добавили в них «особую» начинку, чтобы использовать гаджет для нужд производства. Участие в «пилоте» приняли две бригады ремонтных служб. В начале смены работники надевают часы на обе руки и приступают к обязанностям. По окончании работы представители ИТ-компании собирают приборы и сохраняют данные для последующего анализа.

— Рассматривалось много вариантов решений, среди которых, к примеру, умная каска, но остановились на часах. Это практично: легкие и не ограничивают движений, корпус защищен от воды, пыли и имеет стекло повышенной прочности. Приборы фиксируют параметры здоровья человека, перемещение работника в пространстве, а также действия: переносит тяжести, пользуется молотком или дрелью. В будущем планируем запустить программу в онлайн-режиме и снабдить устройство экстренной кнопкой, чтобы контролировать состояние человека



Фото: Наталья Хаустова, УК «Металлоинвест»

«здесь и сейчас» и в экстренной ситуации незамедлительно оказать помощь», — рассказал менеджер по инновациям ИТ-компании **Металлоинвеста** Роман Алдухов.

Также благодаря системе мониторинга ручного труда можно будет фиксировать переработки, определять простои, вызванные внешними факторами (отсутствие инструмента или транспорта, поломка оборудования), анализировать активность работников в течение смены и находить пути улучшения производственного процесса.

Важнее здоровья — ничего нет. Как бы тщательно вы ни организовывали обучение, каким бы современным ни было оборудование — ошибки, аварии и сбои всегда происходят. Цифровые технологии, приходя на помощь производителям, способны существенно снизить этот риск — контролировать самочувствие работников, помогать избегать опасных ситуаций, своевременно замечать ошибки. И это тот путь, который поможет сделать рабочее место более безопасным, комфортным и «дружелюбным» к работнику. 

Материал подготовлен на основании данных:

- 1) «VR для безопасности: реальные навыки из виртуальной реальности», Дмитрий Кадочников, «Импульс-ЭХЗ»;
- 2) «Как это работает: система «Умные каски», Юнипро Мегаватт; *«Новости Металлоинвест»;*
- 3) «Мгновенная реакция: мобильное приложение «Охота на риски», Александр Проскуровский, *«Новости Металлоинвест»;*
- 4) «Электронная «ключница»: как исключить несанкционированный доступ к оборудованию», Елена Титова, *«Новости Металлоинвест»;*
- 5) «Чудо-часы в помощь: система мониторинга ручного труда на ЛГОКе» Наталья Хаустова, *«Рабочая трибуна»;*
- 6) «Как «умная» футболка и «умные» часы следят за здоровьем работника», Елена Федорова, Лиана Нуруллина, руководитель группы ЦПЭБ, *«Нефтяные вести».*



УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ

Подписка: специальные условия!

Еще 300+ мощных кейсов от ведущих предприятий России и мира

Вы уже оформили подписку на 2021 год? Хотите еще больше кейсов, чек-листов и других прикладных материалов?

300+ мощных кейсов, готовых к использованию чек-листов и других полезных материалов ждут вас в полном комплекте номеров!

Практика и только практика — материалы специально подобраны так, чтобы их актуальность была не менее пяти лет!

Темы альманаха «Управление производством»:



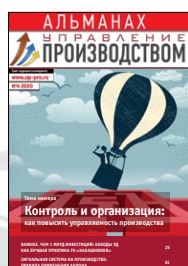
Дорожная карта проекта:
как проложить путь к успеху



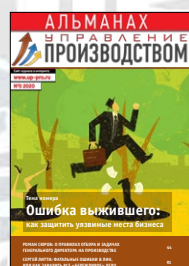
Lean-инструментарий:
как быть во всеоружии в кризис



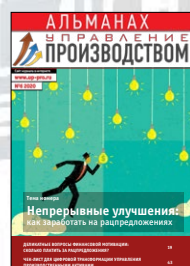
От Андон до Ямазуми:
визуальный менеджмент
в производстве



Контроль
и организация:
как повысить
управляемость
производства



Ошибка выжившего:
как защитить
уязвимые места
бизнеса



Непрерывные
улучшения:
как заработать на
рацпредложениях

Специальные условия для тех, кто уже подписан на 2021 год:

- комплект 2020–2016 гг. (30 номеров, скидка 23,5 тыс. руб.) — 74 тыс. руб.
- комплект номеров за 2020 гг. (6 номеров, скидка 1,5 тыс. руб.) — 18 тыс. руб.

Все самое интересное и уникальное мы публикуем в альманахе «Управление производством». Оформляйте подписку и получайте самое лучшее!

С содержанием всех уже изданных номеров можно ознакомиться **[ЗДЕСЬ](#)**.

Для **оформления подписки** на выбранный период отправьте заявку в редакцию Делового портала «Управление производством» на **sale@up-pro.ru** или на сайте **www.up-pro.ru**.

Этот Альманах или любая его часть не может распространяться без письменного разрешения Делового портала «Управление производством» либо тиражироваться любыми способами. Запрещено передавать выпуск третьим лицам. Организации, купившие или получившие этот номер от Делового портала «Управление производством», несут ответственность за его нераспространение.

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 получена из открытых источников либо предоставлена упомянутыми компаниями.

Заключительное слово

Необходимость цифровой трансформации производства в настоящее время очевидна для любого руководителя. Растут объемы информации и сложность производств; привычные подходы к управлению, разработке продукта, проектированию предприятий теряют свою актуальность. Многие традиционные отрасли, на которые приходился максимальный объем ВВП, теряют свою значимость в структуре мировой экономики. Кроме того, для многих стран актуальны демографические проблемы, помноженные на нехватку квалифицированных кадров. И особенно ярко необходимость соответствовать новым реалиям проявилась в 2020 году, когда перед компаниями встал новый вызов в виде ограничений, вызванных эпидемией COVID-19. Те, кто давно знаком с цифровыми решениями, по-новому оценили их достоинства, а те, кто опоздал, были вынуждены адаптироваться на ходу.

Но цифровизация — это не только удаленный доступ и виртуальная реальность. Все гораздо сложнее — и гораздо перспективнее. Цифровые двойники, аддитивные технологии, имитационное моделирование продуктов и производственных систем, автоматизированное управление логистикой, беспилотная доставка и даже боты-консультанты, общающиеся с клиентами, партнерами и поставщиками, — все они повышают эффективность, снижают затраты, упрощают работу с большими массивами данных. Они могут уменьшить влияние человеческого фактора, где-то помочь, а где-то и заменить человека, высвободив его для решения более тонких и креативных задач.

Все больше предприятий делает шаги в правильном направлении, разрабатывая собственные стратегии цифрового перехода. ИТ-компании расширяют спектр готовых решений для производителей, формируется среда и инфраструктура для трансформации на промышленном и социальном уровнях. Эти тенденции будут лишь усиливаться. Важна гибкость и открытость к новым идеям. Выиграет тот, кто сумеет поймать эту волну, и мы желаем вам удачи!



Сергей Жишкевич, главный редактор
Делового портала «Управление
производством»