

05 (34) сентябрь 2017

ВЕКТОР

ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ
Научно-практический журнал

Антон Большаков

2 ПЯТЬ ТЕХНОЛОГИЙ ЦИФРОВОЙ
ЭРЫ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Евгений Липкин

10 ИНДУСТРИЯ 4.0 —
ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ СТИМУЛ
РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ
РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Антон Нисан

30 ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ПРОИЗВОДСТВА
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

ЦИФРОВАЯ
ЭКОНОМИКА:
НОВАЯ РЕАЛЬНОСТЬ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ

22-я Международная выставка электроники, технологий, оборудования
и материалов для производства радиоэлектронной аппаратуры

productronica'17

Только вместе с нами самые яркие события
выставки – экскурсии по стендам, посещение
производств, визит на завод BMW!

13-17 ноября

Германия,
Мюнхен

От 850 Евро
на 5 дней*

* цена указана без НДС. Оплата по курсу ЦБ на день оплаты. В стоимость включено: перелет, проживание, экскурсия на завод BMW, входной билет и русскоязычное сопровождение на выставке, посещение производств, приветственный ужин.

1160

экспонентов
из 40 стран

6 лет

мы организовываем
деловую
программу

95%

остались
довольны своим
участием

300

специалистов
посетили выставку
вместе с нами

Разделы выставки productronica

- Организация производства ГИС, электронных компонентов и микросборок
- Организация производства печатных плат, в т. ч. со встроенными компонентами
- Организация производства сборки печатных узлов
- Организация производства трехмерных схем на пластиках
- Организация производства кабельных/жгутовых изделий
- Электрическое тестирование, параметрический контроль. Технологии испытаний
- Выставка Semicon Europa 2017



будущее
создается

Подробности на сайте: productronica.show
или по телефону +7 495 788 44 44
productronica@ostec-group.ru

В НОМЕРЕ

ПЯТЬ ТЕХНОЛОГИЙ ЦИФРОВОЙ ЭРЫ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 2

Автор: Антон Большаков

ИНДУСТРИЯ 4.0 – ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ СТИМУЛ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 10

Автор: Евгений Липкин

ЦСУП КАК СТУПЕНЬ НА НОВЫЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА 16

Автор: редакция журнала

ИНДУСТРИЯ 4.0 — В ЖГУТОВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ. ЭТО ВОЗМОЖНО? 22

Автор: Роман Лыско

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА: ПЕЧАТЬ МЕТАЛЛОПОРОШКОВЫМИ КОМПОЗИЦИЯМИ . . . 30

Автор: Антон Нисан

НЕБЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО 42

Автор: Андрей Шкодин

ПСИХОЛОГИЯ ИЗМЕРЕНИЙ 48

Автор: Андрей Насонов

КОРПУСИРОВАНИЕ МНОГОВЫВОДНЫХ МИКРОМОДУЛЕЙ В ПЛАСТИКОВЫЕ КОРПУСА С ПРИМЕНЕНИЕМ DAF 52

Авторы: Владимир Мейлицев, Владимир Тюльпанов

КАК УЛУЧШИТЬ КАЧЕСТВО ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ 66

Автор: Андрей Морозов

АВТОРЫ НОМЕРА

Антон Большаков

Директор по маркетингу
ООО Предприятие Остек
marketing@ostec-group.ru

Евгений Липкин

Генеральный директор ООО «Остек-СМТ»
lines@ostec-group.ru

Роман Лыско

Заместитель коммерческого директора
по маркетингу ООО «Остек-ЭТК»
etc@ostec-group.ru

Антон Нисан

Начальник отдела технической поддержки
и разработки Направления цифровых
производственных технологий
ООО «Остек-СМТ»
3d@ostec-group.ru

Андрей Шкодин

Директор по сервису ООО Предприятие Остек
service@ostec-group.ru

Андрей Насонов

Технический директор ООО «Остек-Электро»
ostelectro@ostec-group.ru

Владимир Мейлицев

Журнал «Электроника: НТБ»
journal@electronics.ru

Владимир Тюльпанов

Главный специалист отдела микроэлектроники
ООО «Остек-ЭК»
micro@ostec-group.ru

Андрей Морозов

Начальник отдела метрологического
обеспечения измерений геометрических
величин ООО «Остек-АртТул»
info@arttool.ru



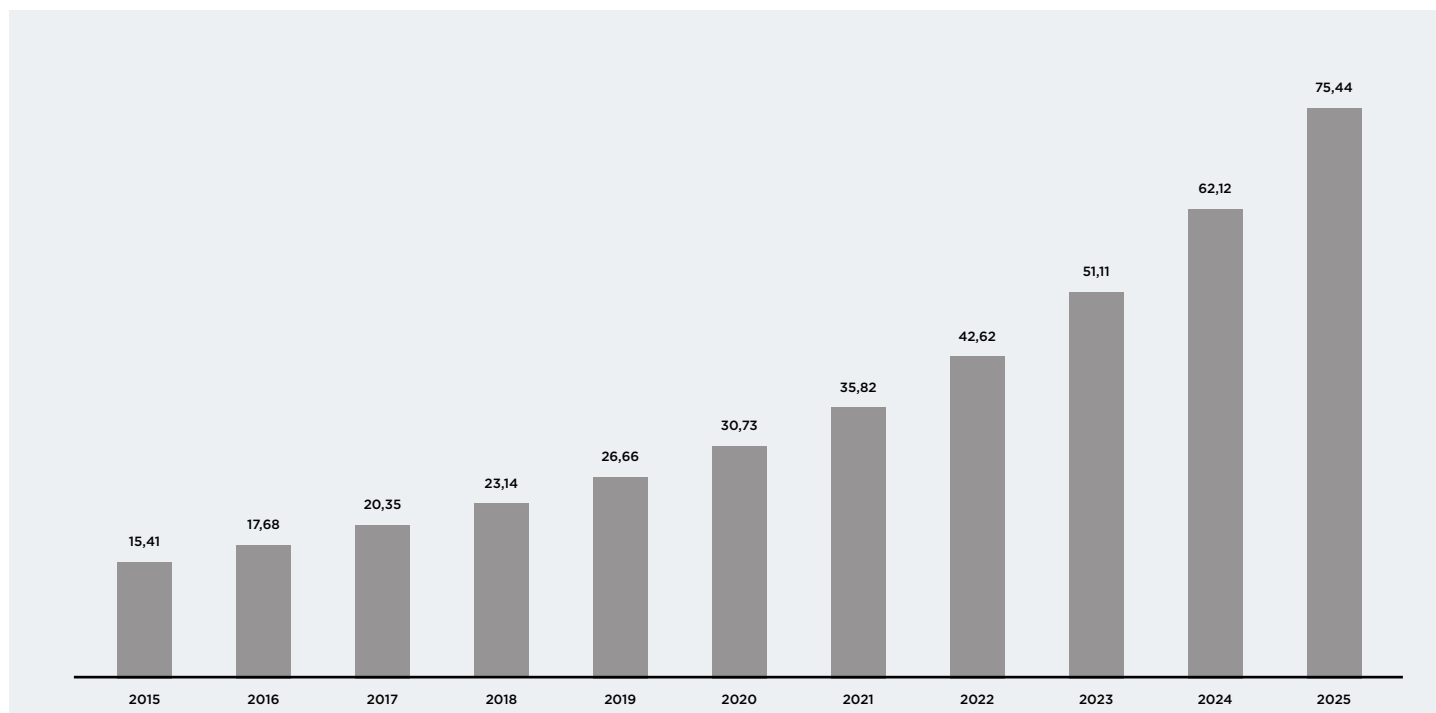
Пять технологий цифровой эры промышленности



Текст: **Антон Большаков**

”

В 2017 году цифровая революция вошла в решающую фазу — к интернету подключился каждый второй житель Земли. По данным РАЭК к 2020 году три четверти россиян — 86,7 млн человек — станут пользователями интернета [12]. Глобальный институт McKinsey (MGI) прогнозирует, что уже в ближайшие 20 лет до 50 % рабочих операций в мире будут автоматизированы, и по масштабам этот процесс будет сопоставим с промышленной революцией XVIII-XIX веков [8].



1
Объем рынка Интернета вещей, млрд долл. Источник IHS

Технологии четвертой промышленной революции размывают границы между физической и цифровой сферами глобальных производственных систем.

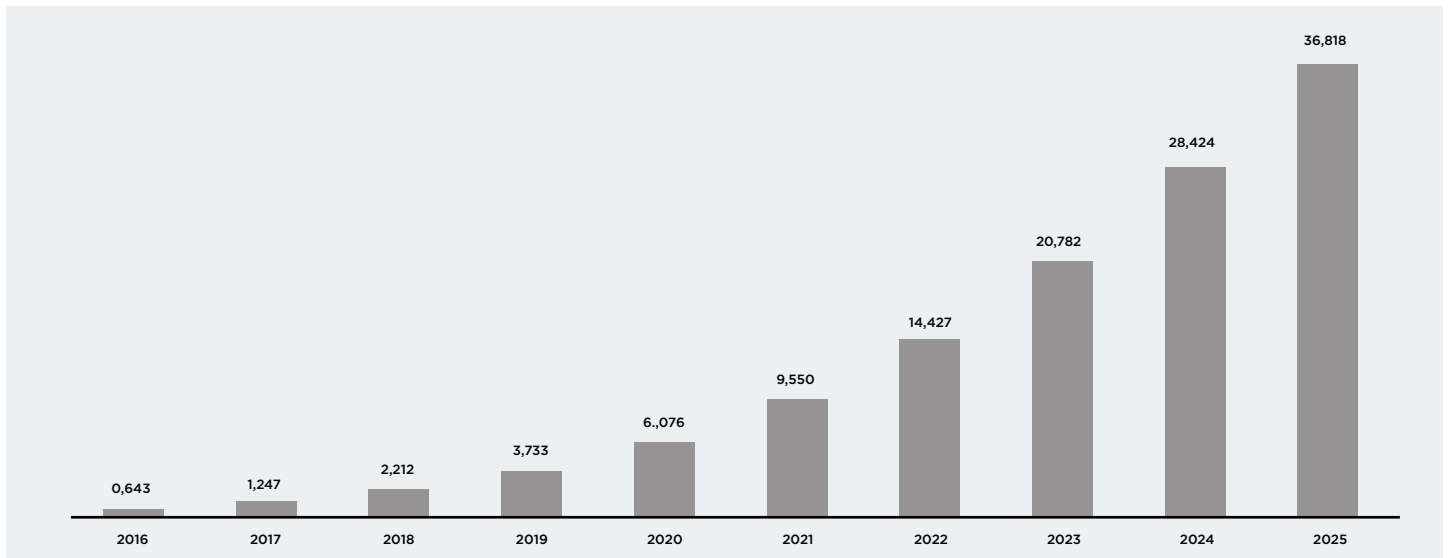
Пять наиболее захватывающих технологий — это Интернет вещей (IoT), Искусственный интеллект (AI), Современная робототехника, Носимая промышленная электроника, Аддитивные технологии, которые на разных этапах технической готовности и принятия также имеют разный уровень неопределенности своего будущего развития. Некоторые из них, такие как трехмерная печать и робототехника, имеют долгую промышленную историю и находятся на пороге массового внедрения, но пока в отдельных географических регионах и отраслях. Другие, такие как искусственный интеллект и носимая промышленная электроника, находятся в стадии зарождения, но имеют многообещающие перспективы использования.

Интернет вещей

Интернет вещей — внедрение физических устройств с датчиками, внедрение сетевого подключения и других компонентов для обмена данными [10] — часто воспринимается как революция. Но на самом деле это эволюция технологий, разработанных более 15 лет назад, ускорившаяся в связи с быстро развивающимися технологическими возможностями. В течение последнего десятилетия стоимость датчиков снизилась в два раза, расходы на пропускную способность каналов связи сократились на 40 %, а затраты на об-

работку данных — на 60 % [7]. Резкое падение расходов на сенсорные технологии, увеличение вычислительной мощности, достижения в области передачи данных в облачной коммуникации и коммуникации между устройствами и способствуют объединению ранее отдельных составляющих производства: ИТ, технологии производства и технологии автоматизации, создавая новый принцип производства [6].

Оценить объем рынка интернета вещей затруднительно, так как он не локализован на каком-то определенном типе изделий. Служба обработки информации (IHS) прогнозирует, что к 2025 году количество устройств интернета вещей вырастет с сегодняшних 17 до почти 80 миллиардов [2, 3]. Благодаря этому производители пересмотрят подходы к управлению предприятием, управлению эффективностью активов в режиме реального времени и производству умных и синхронизированных продуктов и услуг. Трансформация операций, обеспечение сквозной прослеживаемости всей цепочки поставок в режиме реального времени вплоть до конечного пользователя, разработка новой продукции и услуг для клиентов подчеркивают потенциал IoT для серьезных изменений в производстве. Ожидается, что к 2020 году инвестиции в производство, связанные с IoT, удвоятся с \$35 до \$71 млрд. Если обратиться к ситуации в России, то общий потенциал рынка одних только приборов интеллектуального учета в сегменте частного коммунального электропотребления и водопотребления составляет более 206 млн интеллектуальных счетчиков или более 400 млрд рублей [12].



2 Прогноз объема рынка искусственного интеллекта, млрд. долл. Источник statistica.com

Объем российского рынка M2M/IoT по итогам 2016 года достиг \$1,2 млрд [1] рис 1.

Но IoT — это не просто набор технологий, добавленных к современным системам автоматизации. Это также философия, требующая изменения мышления, когда появляется возможность связывать системы автоматизации с корпоративным планированием и системами жизненных циклов продуктов. Одним из примеров применения этой технологии является «цифровой двойник», использующий данные датчиков для создания динамической компьютерной модели физического объекта или системы, он начнет применяться повсеместно в ближайшие несколько лет для профилактического обслуживания, повышения операционной эффективности и повышения качества разработки продукта.

Искусственный интеллект

Искусственный интеллект позволяет производителям обрабатывать огромные объемы данных, генерируемые их производствами, операциями и потребителями, и преобразовывать эти данные в решения. Сегодня 70 % собранных производственных данных не используются [7]. Применяя искусственный интеллект к интернету вещей, производители смогут организовывать и оптимизировать бизнес-процессы от рабочих мест до машин, сквозь различные подразделения и уровни поставщиков. Применение AI дает возможность производителям управлять качеством в производственных системах, оптимизировать цепочки поставок, выполнять профилактическое техобслуживание.

В последнее время искусственный интеллект показал новый уровень возможностей во многих применениях: от

классификации изображений до распознавания образов и рассуждений. Этот прогресс обусловлен, главным образом, усилением влияния трех факторов: вычислительной мощности, данных обучения и алгоритмов обучения. Вот пример: точность автоматического распознавания и классификации изображений улучшилась за последнее десятилетие с 85 до 95 % (средний показатель для человека составляет 93 %). Эти 10 % позволяют таким алгоритмам перейти из категории новинок в категорию двигателей реальных инноваций, например, таких как автономная транспортировка для сбора заказов на складе. Решения на основе AI в настоящее время «обучаются» по миллионам данных изображений, что в 100 раз больше, чем десять лет назад. Они поддерживаются специальными чипами блоков обработки графических данных, которые более чем в 1 000 раз быстрее и в пять-десять раз сложнее, чем у предыдущих поколений. Расходы на вычисления и хранение уменьшились в равной степени в среднем на 35 % в год [4]. В ближайшем будущем AI будет опираться на механизмы реализации, которые позволят использовать его быстрым, умным и более интуитивным образом. К 2025 году по данным statistica.com объем рынка AI прогнозируется в 36,818 млрд долларов рис 2.

Промышленные компании быстро продвигаются в область AI, инвестируя в НИОКР в области «промышленного интернета». Для управления эффективностью активов и оптимизации операций используется аналитика, AI улучшает безопасность и доступность в автомобильной промышленности, а умное ПО для планирования адаптируется к изменчивости производства в режиме реального времени. Системы AI обеспечивают новые уровни оптимизации производственной системы, такие как профилактическое обслуживание и улучшенное управление качеством.

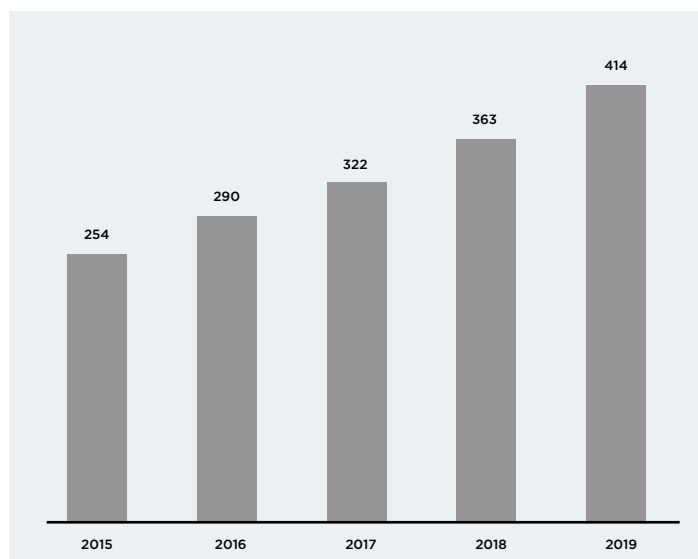
И хотя трудно предсказать конкретные пути внедрения технологий AI на производстве на следующие 10-15 лет, можно предположить, что они создадут и изменят ценностное предложение в различных областях. Продукты и услуги будут конкурировать на основе гиперперсонализированных функций. Компании будут использовать AI для обработки предпочтений клиентов в режиме реального времени, чтобы быстро масштабировать персонализированные продукты и услуги, поскольку потребители стали более нейтрально относиться к бренду как таковому и больше склонны платить за гиперперсонализированные предложения. AI будет применяться для быстрой оценки, прогнозирования и моделирования решений с учетом большого объема разрозненных данных.

Современная робототехника

Современная робототехника давно справляется с «монотонной, грязной и опасной» работой. В настоящее время автоматизировано 10 % производственных задач. Рост инвестиций в робототехнику и спрос к 2030 году увеличат долю использования роботов до 25-45 % производственных задач во многом благодаря применению в автомобильной и электронной промышленности. Передовая робототехника и AI могут повысить производительность во многих отраслях на 30 %, сократив затраты на рабочую силу на 18-33 % и дав положительный экономический эффект от \$600 млрд до \$1,2 трлн к 2025 году [5].

Среди многих цифровых технологий, двигателей прогресса в Четвертой промышленной революции, современная робототехника может значительно изменить всю цепочку создания стоимости. По оценкам, в мировых производственных системах сегодня функционируют около 1,8 млн промышленных роботов, представляющих мировой рынок примерно в \$35 млрд рис 3. Возможности роботизации продолжают расти, а затраты — падать (примерно на 25 % за последнее десятилетие). Большое положительное влияние на продажи роботов оказывает автоматизация технологических процессов производства электроники.

Среди возможных применений на производстве для упаковки, захватывания и перемещения было установлено наибольшее количество роботов (почти 40 %), и это применение имеет самый высокий годовой темп роста (среднегодовой темп роста 11 %). Второе самое распространенное применение при производстве автомобилей, где роботов используют, в первую очередь, для сварки. Применение роботов для сборки — еще один быстрорастущий сегмент (среднегодовой темп роста 10 %) [7] из-за увеличения количества электроники/продуктов электротехнической промышленности, стремящихся к миниатюризации и требующих повышенной точности при изготовлении.



3 С 2016 по 2019 год прогнозируется поставка 1,4 миллиона промышленных роботов. Источник IFR World Robotics

Плотность роботизации производства на российских предприятиях более чем в 20 раз ниже среднемирового показателя. Российские предприятия используют малое количество промышленных роботов для автоматизации производства: по статистике Международной федерации робототехники в России на 10 тысяч рабочих приходится только три промышленных робота, тогда как в среднем по всему миру — 69, а в странах, лидирующих по уровню цифровизации, — более 100. Доля российского рынка промышленных роботов составляет всего 0,25 % от общемирового объема, основными потребителями являются Китай (27 %), Южная Корея (15 %), Япония (14 %) и Северная Америка (около 14 %). Также отставание наблюдается по доле станков с числовым программным управлением (ЧПУ): в Японии она составляет более 90 %, в Германии и США — более 70 %, в Китае — около 30 %, а в России в 2016 году — лишь 10 % с прогнозом роста до 33 % к 2020 году [8]. Сегодня у российских предприятий есть особый шанс сократить отставание от мировых лидеров. Большая гибкость и интеллект роботов позволяют применять их в разных отраслях промышленности, где они традиционно не использовались, включая производство продуктов питания и напитков, потребительских товаров и фармацевтических препаратов.

Среди других преимуществ робототехники в цифровой экономике можно назвать цепочку поставок, синхронизированную в интернете, которая повышает способность реагировать на меняющиеся потребительские требования и производить продукт «точно вовремя». Кроме того, робототехника поддерживает тенденцию перехода от крупных производственных объектов к более мелкому, локализованному производству, близкому потребителям.

Носимая промышленная электроника

Носимая электроника на предприятиях (включающая дополненную и виртуальную реальность) представляет собой зарождающийся, быстрорастущий рынок, который, по прогнозам, вырастет с \$700 млн до \$5 млрд к 2020 году, причем устройства станут комфортнее, функциональнее и безопаснее. Пилотные программы ведущих компаний подтверждают 25%-е повышение эффективности работы оператора и значительное сокращение времени, которое необходимо для обучения и повышения квалификации, а также демонстрируют повышение уровня охраны здоровья и безопасности [7].

Эти технологии кардинально меняют способ передачи информации пользователю, предлагая немедленный доступ к критичным данным. Носимая электроника, дополненная и виртуальная реальность могут использоваться для проверки качества, рабочих инструкций, обучения, управления рабочими процессами, операций и безопасности, логистики и обслуживания, а также улучшить рентабельность за счет увеличения производительности благодаря повышенной точности. Ее умелое применение может уменьшить инциденты на производстве, связанные с безопасностью. Нестабильность качества возможно снизить за счет сокращения времени простоя, сокращения дефектов и отходов при одновременном уменьшении времени выполнения заказов.

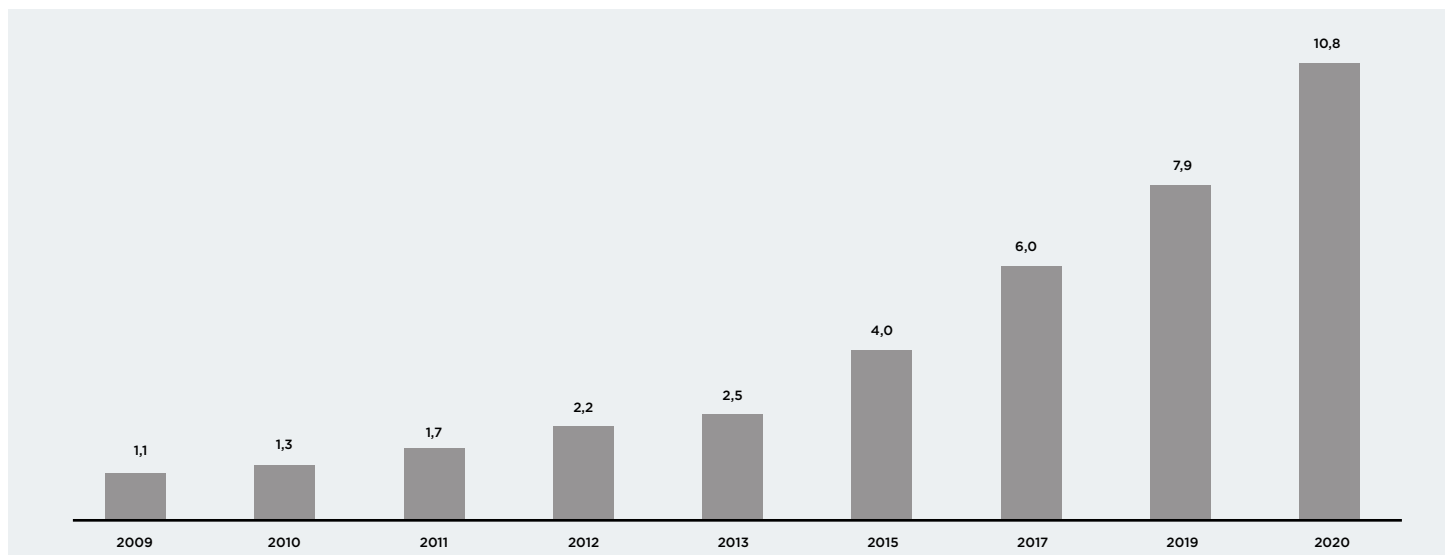
Умные и связанные в сеть продукты быстро находят применение во многих отраслях промышленности, включая электронику, автомобилестроение, строительство, логистику, аэрокосмическую промышленность, производство промышленного оборудования, добычу полезных ископаемых, нефтегазовую промышленность, а также здравоохранение.

Аддитивные технологии

Аддитивные технологии коренным образом меняют традиционные производственные процессы благодаря возможностям использования металла для 3D-печати. В ближайшей перспективе трехмерная печать станет востребованной в отраслях, где адаптация продукта к требованиям заказчика и время выхода на рынок являются ключевыми факторами эффективности рис 4. Объем рынка аддитивных технологий прогнозируется к 2020 году в 10,8 млрд долларов. Как правило, это производства с небольшими объемами, дорогостоящими деталями — предприятия аэрокосмической промышленности и здравоохранения. Сегодня и в обозримом будущем экономика и промышленная динамика не будут способствовать тому, чтобы трехмерная печать заменила традиционное производство с длительным производственным циклом, а также массово локализовала производство ближе к потребителям.

Трехмерная печать все чаще используется в промышленности, поскольку дает возможность производить более качественные продукты, а цепочки создания стоимости становятся все более согласованными благодаря Интернету. Движущие факторы для развития трехмерной печати — это увеличение выбора материалов, подходящих для технологий производства, способность создавать сложные геометрические формы (например, детали двигателя), меньшее количество компонентов, необходимых для изготовления продукта, оптимизация рабочих процессов.

3D-печать — революционная технология, но не потому, что она может заменить традиционное производство, сделать традиционные фабрики устаревшими и локализовать все производство (экономически в ближайшем будущем это нецелесообразно). Она является революционной благодаря своей способности



4 Прогноз объема рынка аддитивных технологий млрд долл. Источник Wohlers Associates



5 Оценка «уровня готовности» аддитивных технологий. Источник Группа компаний Остек

дополнять традиционные производственные процессы, кардинально менять процесс разработки продукта и создавать новую ценность. Технология лучше всего работает в тех отраслях, где важна адаптация продукта к требованиям заказчика, там, где компоненты производятся в небольших объемах и имеют высокую стоимость. Производство потребительских товаров и автомобильная промышленность, медицинская и аэрокосмическая отрасли лидируют в использовании технологий 3D-печати.

Трехмерная печать усовершенствовалась и стала настолько универсальной, что теперь переходит от быстрого прототипирования к масштабируемому производству для избранных продуктов и применяется в других областях, таких как изготовление инструментов и моделей, а также ремонт и обслуживание. Трехмерная печать уже широко используется для производства высоконадежных медицинских устройств — слуховых аппаратов и стоматологических протезов.

Хотя эксперты имеют разные мнения о том, что произойдет в ближайшие 5-15 лет, они сходятся в том, что рост объемов использования 3D-устройств для печати будет опережать рост промышленных объемов **рис 5**. В течение следующих 2-5 лет к 3D-печати для прототипирования, вероятно, присоединятся многие технологии, которые будут стимулировать ее широкое использование не только в узких областях.



6 Факторы, способствующие ускорению внедрения аддитивных технологий в России, % ответов. Источник Группа компаний Остек.

Согласно нашему исследованию [9] среди основных драйверов, которые могли бы ускорить процесс внедрения аддитивных технологий в российскую промышленность, обозначено изменение образа мышления управленцев и специалистов о том, как работать с конструкторской документацией, разрабатывать конструкцию и технологические процессы, управлять проектами, в конце концов — делать бизнес. Также респонденты считают, что подстегнуть развитие технологии в России, в первую очередь, должно производство отечественных технологических материалов и оборудования рис 6.

Появляется много информации о новых областях применения аддитивных технологий, но многие предприниматели и руководители компаний проявляют мало энтузиазма по этому поводу, ссылаясь на их неотработанность. Но действительно ли технология сырая и неотработанная или отсутствует возможность предметно разобраться, какие именно технологии позволят решать конкретные производственные задачи? Таким образом, развитию аддитивных технологий в России должны способствовать такие технологические факторы, как скорость и стоимость печати, стоимость оборудования и материалов, стабильность процесса. А также факторы, связанные с изменением образа мышления, — изменение подходов к конструированию, к разработке производственных процессов, управлению проектами, развитию бизнеса, работе с клиентами.

Заключение

Рассмотренные в статье технологии находятся на разных этапах технической готовности и принятия, имеют разный уровень неопределенности их будущего развития. Но определенно можно сказать, что Россия уже живет в цифровой эре.

Цифровая экономика занимает умы политиков и промышленников — развитие цифровой экономики в России находится на контроле у первых лиц государства. По оценкам McKinsey, потенциальный экономический эффект от цифровизации экономики России увеличит ВВП страны к 2025 году на 4,1–8,9 трлн руб. (в ценах 2015 года), что составит от 19 до 34 % ожидаемого роста ВВП. Такие смелые экономические прогнозы связаны не только с эффектом от автоматизации существующих процессов, но и с внедрением принципиально новых, прорывных бизнес-моделей и технологий. И перед радиоэлектронной промышленностью ставятся задачи не только разработать отечественную электронную компонентную базу, но и насытить рынок готовыми российскими конкурентоспособными изделиями [11]. Поэтому рассмотренные технологии требуют внимания при формировании стратегических приоритетов, чтобы соответствовать требованиям отрасли в будущем. ▢

ЛИТЕРАТУРА

1. «Объем российского рынка интернета вещей в 2016 году достиг \$1,2 млрд», Ведомости, 15.05.2017, <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2017/05/15/689785-rinka-interneta-veschei>
2. Business Outlook Global Electronics Industry, Custer Consulting Group, November 2016
3. Information Handling Services, Internet of Things Outlook, <https://cdn.ihs.com/www/pdf/enabling-IOT.pdf>.
4. Kearney A.T., Teqmine, Press releases.
5. Robot Revolution — Global Robot & AI Primer, Bank of America Merrill Lynch, 16 December 2015, https://www.bofam.com/content/dam/boamlimages/documents/PDFs/robotics_and_ai_condensed_primer.pdf.
6. The Future of the Electronics industry: Focus on Industrial, Power and Medical, DECISION, November 2016
7. White paper "Technology and Innovation for the Future of Production: Accelerating Value, Creation", World Economic Forum In collaboration with A.T. Kearney, March 2017
8. Аптекман А., Калабин В., Клинов В., и др. "Цифровая Россия: Новая реальность", McKinsey, Москва, июль 2017 г.
9. Большаков А., Чеканова О., «Наступила ли эпоха аддитивных технологий в отечественной промышленности?», научно-практический журнал «Вектор высоких технологий», №1 (30), 2017
10. Интернет вещей. Статья из Wikipedia https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%82_%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D0%B9
11. Определена основная тема Международного Форума «Микроэлектроника 2017», http://www.elinform.ru/news_14530.htm
12. РИФ+КИБ Интернет. Форум. <http://2017.russianinternetforum.ru/>

Международная конференция «Цифровая фабрика 2017»

Технологии индустрии **4.0** в приборо- строении



Мероприятие состоится 19 октября 2017 г.
в отеле DoubleTree by Hilton Moscow – Marina,
по адресу: Москва, Ленинградское шоссе, 39с1



Программа конференции:

- Текущие тенденции и их влияние на особенности разработки и производства РЭА и рынок высокотехнологичной продукции
 - Современные технологии и решения для обеспечения качества продукции
 - Актуальные технологии управления эффективностью производственных процессов и управления OEE
- И многое другое

Индустрия 4.0 — потенциальный стимул развития ОТЕЧЕСТВЕННОЙ радиоэлектронной промышленности



Текст: Евгений Липкин

Сложно сегодня найти профессионала, связанного с производственной деятельностью, который не слышал бы о четвертой промышленной революции или ее более емком названии «Индустрия 4.0». И эта революция не случится и не начнется где-то в далеком будущем, она происходит прямо сейчас.

В марте этого года в свет вышла моя книга «ИНДУСТРИЯ 4.0: Умные технологии — ключевой элемент в промышленной конкуренции» рис 1, в которой я постарался разобраться в сути происходящих изменений, их влиянии на отдельные предприятия и промышленную конкуренцию в целом. В этой статье я не буду пересказывать содержание книги, поэтому если вы захотите с ней ознакомиться, то просто напишите на адрес book@ostec-group.ru, и мои коллеги вышлют вам электронный экземпляр.

Глубина прогнозируемых изменений в мировой промышленной экономике такова, что независимо от степени участия в этом трансформационном процессе изменения коснутся каждого государства и предприятия. А масштаб изменений впечатляет: создание новых рынков и отмирание существующих; изменение структуры международной промышленной кооперации; формирование новых бизнес-моделей, построенных на цифровых услугах; заметное изменение роли персонала в производственном процессе и рост социальной нагрузки; масштабная смена лидеров даже в консервативных отраслях и так далее.



1

Книга «ИНДУСТРИЯ 4.0: Умные технологии — ключевой элемент в промышленной конкуренции»

Индустрия 4.0 не является стихийным процессом и имеет идеологов, активистов и спонсоров, стремящихся переформатировать мировую промышленность и рынки таким образом, чтобы нейтрализовать имеющихся конкурентов и обеспечить значительный рост собственных доходов. С учетом того, что инициаторы и «дирижёры» Индустрии 4.0 находятся по другую сторону границ нашей страны, существует вполне реальный риск, что мы окажемся в роли зрителей, безмолвно созерцающих процесс перераспределения долей в мировой экономике высоких технологий. Но статья не о том, где купить попкорн и откуда лучше наблюдать за глобальными изменениями. Она о том, как нам попытаться заработать очки, играя в изначально чужую игру по чужим правилам.

Я бы не стал поднимать данную тему, если бы, с одной стороны, не понимал, что это вопрос жизни и смерти для радиоэлектронной отрасли нашей страны, а с другой — не обладал бы определенной долей оптимизма насчет наших перспектив в этой игре.

Что касается вопроса жизни и смерти, то здесь все очевидно. Индустрия 4.0 является частью глобального тренда — цифровизации мировой экономики. Очевидно, что степень цифровизации экономики государства и отдельных её отраслей напрямую влияет на емкость рынка товаров и услуг, несущих в себе цифровую составляющую. Так как цифровизация носит глобальный характер, это приведет к значительному увеличению емкости мирового и региональных рынков продукции радиоэлектронной промышленности. Если же мы не будем предпринимать активных действий, то образовавшиеся рыночные возможности будут упущены, а рынок перейдет к конкурентам. Значит, нам есть за что бороться.

Оптимизм же мой базируется на двух основных составляющих, совокупность которых заставляет меня верить, что мы имеем все возможности извлечь выгоды из происходящих изменений.

Во-первых, значительный внутренний рынок. Пусть мы не являемся крупнейшим мировым потребителем промышленных товаров и технологий, мы точно являемся заметным и значимым рынком в мировом масштабе. В условиях массового отказа от выполнения соглашений о правилах международной торговли в пользу протекционизма значительный внутренний рынок является сильным аргументом в поддержку оптимистичного сценария.

Во-вторых, накопленный и не растроченный научно-технический потенциал позволяет ставить перед собой амбициозные задачи по разработке высокотехнологичных продуктов, которые могут быть востре-

бованы на внутреннем и внешних рынках. К тому же моя вера в наш потенциал укрепляется, когда я вижу, как наши ребята выигрывают международные олимпиады по физике, математике и информатике, а кто-то из них остается в стране и после получения высшего образования.

Уверен, что некоторые мне возразят и усомнятся в необходимости что-либо менять, аргументируя это тем, что успех экспорта российской высокотехнологичной продукции традиционно зависит, главным образом, от геополитических раскладов, а свой рынок мы уж как-нибудь защитим. Отчасти соглашусь. Однако даже в условиях идеологических противостояний мы активно экспортируем ракетные двигатели, лазерную технику, энергетическое оборудование, программное обеспечение, системы безопасности и другую высокотехнологичную продукцию в страны, которые имеют определенную аллергию на «Made in Russia».

Чтобы реализовать перспективные возможности, которые открывает для отечественной радиоэлектронной промышленности Индустрия 4.0, необходимо, по моему мнению, организовать сбалансированную работу по трем основным направлениям:

- создание новых конкурентоспособных продуктов для работы в новых нишах;
- создание продуктов с новыми свойствами на традиционных рынках за счет использования современных технологий;
- повышение эффективности существующих производств и создание новых с учетом тенденций и принципов Индустрии 4.0.

Рассмотрим каждое направление более подробно.

Создание новых конкурентоспособных продуктов для работы в новых нишах

Индустрия 4.0 имеет вполне конкретную технологическую основу **рис 2**, которая будет стремительно развиваться в ближайшие годы. Уже сегодня в каждой технологической категории, представленной на схеме, заметен рост числа заявок на патенты, перспективных разработок и реализованных серийных решений. Это развитие выражается также в росте инвестиций и увеличении объемов продаж по каждой из упомянутых категорий.

В ряде областей науки и техники мы отстали настолько, что, если быть реалистом, с трудом верится, что это отставание можно преодолеть в обозримом



2
Компоненты технологической основы Индустрии 4.0

горизонте. Самый главный вопрос — всегда ли надо догонять? Уверен, что не всегда, т.к. в значительном количестве случаев отсутствует явная стратегическая и экономическая целесообразность, а усилия и затраты на сокращение отрыва требуются гигантские.

А вот в отдельных новых сегментах и нишах наше отставание может оказаться не таким существенным, чтобы помешать стать заметным игроком. Это дает шанс на формирование новых источников дохода для радиоэлектронной отрасли. Кстати, в ряде областей мы можем говорить не об отставании, а о паритете или даже превосходстве. Например, я уверен, что в области информационной безопасности наша промышленность имеет такое количество наработок, что мы можем по отдельным направлениям претендовать на лидирующие позиции в глобальном масштабе. А эта сфера становится все более важной по мере развития цифровых технологий беспроводной передачи данных.

Значительными перспективными рынками для отечественной радиоэлектронной отрасли являются датчики и встраиваемые системы как элементы стремительно развивающегося Интернета вещей. В этих областях у отечественных предприятий есть серьезный задел, который при определенной поддержке можно было бы развить до полноценных экспортно-ориентированных продуктов.

Чтобы точно определить, куда стоит направить усилия и инвестиции, требуются исследования рынка и конкурентного окружения. Однако даже поверхностный анализ происходящих изменений позволяет понять,

что в условиях развития отдельных рынков формируются ниши, в которых имеется высокий потенциал для присутствия отечественной высокотехнологической продукции.

Создание продуктов с новыми свойствами на традиционных рынках за счет использования современных технологий

В тех сегментах, где существует сформированный годами статус-кво и устоявшееся распределение долей рынка, технологические изменения дадут возможность пошатнуть систему и совершить скачок в конкурентном противостоянии.

Очень хорошим примером, который я люблю приводить в разговорах на эту тему, является компания Tesla и её автомобили. За короткое для весьма консервативного рынка время компания смогла стать заметным игроком в мировом масштабе. Это произошло во многом благодаря использованию комбинации современных технологий, которые позволили получить продукт с принципиально новым набором достоинств и возможностей. Это не просто автомобиль с электрической силовой установкой, а еще и набор высокотехнологичных цифровых сервисов: от доступа к музыкальному контенту через интернет-соединение до автоматического управления транспортным средством. В определенном смысле это уже не столько транспорт, сколько подключенный к интернету высокоинтеллектуальный гаджет рис 3. Для реализации такого функционала были задействованы возможности облачных технологий, технологии искусственного интеллекта, технологии обеспечения информационной безопасности и другие современные достижения научной мысли.

Пример с автомобилями Tesla очень хорошо иллюстрирует тенденцию к расширению возможностей оборудования за счет более активного использования программного обеспечения и электронных сервисов. Если постараться сформулировать мысль кратко, то о современной продукции приборостроения можно сказать, что в глазах пользователя софт сегодня зачастую значит больше, чем «железо». Это означает, что в структуре затрат на разработку новых продуктов инвестиции в разработку программного обеспечения занимают все большую долю.

Несмотря на то, что статья об Индустрии 4.0, большинство технологий имеет применение и в промышленном сегменте, и в потребительском. Например, алгоритмы искусственного интеллекта и технологии работы с большими данными сегодня находят широкое применение в различных отраслях экономики. Поэтому большинство технологий сложно отнести к чисто промышленным или к чисто бытовым.



3
Панель управления автомобиля Tesla®

Огромное влияние на производственный процесс оказывает развитие аддитивных технологий или, как их часто называют, технологий 3D-печати. Применительно к приборостроению эти технологии позволяют добиться ряда изменений в конструкции и свойствах изделий, которые напрямую могут повлиять на его функциональность и конкурентоспособность. Примерами таких изменений могут стать уменьшение массы корпуса изделия или получение ранее недоступной геометрии радиатора охлаждения, что в конечном итоге расширяет возможности конструктора в части совершенствования характеристик продукции рис 4.

Повышение эффективности существующих производств и создание новых с учетом тенденций и принципов Индустрии 4.0

На эту тему я много писал в своей книге, а формат статьи не позволяет даже кратко пересказать содержание, поэтому даже не буду пытаться. Но есть то, что я должен обязательно отметить.

Поднимая вопрос о применении технологии Индустрии 4.0 в целях обеспечения конкурентного уровня эффективности производственного процесса на отечественных предприятиях, я хочу дать некоторые комментарии относительно текущей ситуации в этой области.

Во-первых, не все решения, которые заполнили отечественный рынок и несут в рекламных материалах гордое заявление о принадлежности к Индустрии 4.0, в действительности соответствуют уровню именно четвертой промышленной революции. Дело в том, что пока мы были заняты выживанием и формированием новой экономики на руинах Советского Союза, мы «проспали» Индустрию 3.0, которая успела свершиться в промышленно развитых странах. Нам, мягко говоря, было не до нее, так как промышленность была в таком состоянии, что там и развивать было нечего. С учетом текущего уровня производственных технологий в стране даже морально устаревшие решения для промышленной автоматизации из эпохи Индустрии 3.0 сегодня выглядят как чудо и ошибочно воспринимаются как очевидное конкурентное преимущество. Однако для многих компаний в странах, переживших Индустрию 3.0, это уже пройденный этап. Чтобы быть действительно конкурентоспособными в условиях относительно открытых торговых границ, необходимо двигаться сразу на этап 4.0. Да, это сложнее, чем поступательное и плавное движение, но выхода нет.

Во-вторых, я часто наблюдаю картину, когда менеджмент в целях развития производства ищет средства, реализует массу проектов модернизации и автоматизации, а в итоге не получает эффекта. Точнее, часто результат даже отрицательный. И этому есть несколько причин, ключевой из которых, по-моему, является неготовность персонала. Даже если есть идеально



4

Возможности аддитивных технологий печати металлопорошковыми композициями при изготовлении радиаторов охлаждения. Источник: www.3trpd.co.uk

продуманный бизнес-план, описывающий, как инвестиции помогут оптимизировать затраты, повысить качество, сократить срок исполнения заказов и повысить производительность труда, неподготовленная почва не даст этим планам реализоваться в полной мере. Если по-простому, то попытка пересадить за компьютер сотрудника, который всю жизнь считал на счётах, обречена на провал. Но, к сожалению, эти грабли настолько популярны, что на них многие наступают. Я даю реко-

мендации моим бизнес-партнерам и заказчикам о том, каким образом можно избежать подобных ошибок, чтобы их шаги в направлении Индустрии 4.0 носили более результативный характер. Тем, с кем у нас нет возможности обсудить вопросы развития предприятия, я могу посоветовать не торопиться с инвестициями до тех пор, пока не будет четкого понимания, что команда проекта состоит из тех людей, которые морально готовы принять новый уровень технологий.

Подводя черту, хочу еще раз отметить, что текущие изменения в промышленном ландшафте несут в себе угрозу уничтожения для наблюдателей и шанс на успех для активных участников процесса. В последние 10-15 лет отечественная радиоэлектронная промышленность смогла восстать из пепла и показать определенные успехи. Посещая предприятия заказчиков, я вижу, что у нас есть отличные разработки и сильные специалисты. Это должно стать фундаментом, на котором мы сможем построить отрасль, способную занять значимое место в глобальном рынке. Однако, судя по тому, как обстоят дела в странах, являющихся для нас ориентиром, без инфраструктурной поддержки большинству предприятий не обойтись. Это особенно актуально для малого и среднего бизнеса, не обладающего достаточными ресурсами. ▣

Новый язык управления производством

LOGOS

Цифровая
система
управления



Система LOGOS разработана специалистами Группы компаний Остек для управления производственными процессами на современных российских предприятиях. Система открывает новые возможности по сбору и обработке информации, необходимой для принятия решений, от которых зависят качество, сроки и эффективность работы предприятия.

Протестируйте систему бесплатно!*

Преимущества системы

- исчерпывающая и объективная картина производства для руководителя предприятия;
- прозрачность производственных процессов на всех уровнях;
- прослеживаемость продукции по всему технологическому циклу;
- оперативное и перспективное планирование на основе точных данных;
- диагностика и предупреждение отклонений по качеству, срокам и эффективности;
- сокращение издержек за счет оптимизации ресурсов и снижения доли незавершенного производства.

* Для получения бесплатной 30-дневной полнофункциональной версии системы обращайтесь по тел.: (495) 788-44-44.



будущее
создается

www.logos-system.ru
(495) 788 44 44
logos@ostec-group.ru



ЦСУП как ступень на **НОВЫЙ** уровень организации производства

Текст: редакция журнала

”

О практическом опыте внедрения Цифровой Системы Управления Производством «LOGOS» на отечественном предприятии рассказывают: Смирнов Юрий Викторович, генеральный директор ООО «Остек-Инжиниринг», и Дударев Николай Васильевич, заместитель директора по производству ООО «Яргазарматура».

Николай Васильевич, расскажите о вашей компании и о том, почему вы решили внедрять у себя систему управления производством?

Николай Дударев (Н.Д.): Компания ООО «Яргазарматура» является крупным производителем трубопроводной арматуры. Мы обеспечиваем полный цикл производства изделий от получения заготовки до сборки и испытания готовой продукции. Благодаря этому мы предоставляем нашим заказчикам целый комплекс дополнительных преимуществ: выигрыш в цене, качестве, сроках изготовления.

Наша продукция — это продукция ответственного применения. Мы обеспечиваем класс герметичности «А» при диаметре условного прохода до 300 мм и рабочем давлении 25 Мпа при температуре среды от -60°C до +200°C. Потребителями нашей продукции являются практически все газотранспортные и газодобывающие предприятия ПАО «Газпром» и многие другие крупные российские предприятия. В последнее время мы стабильно увеличиваем объем поставок в страны ближнего и дальнего зарубежья: Белоруссию, Украину, Казахстан, Литву, Индию. Наша компания включена в реестр поставщиков оборудования для компаний «Газпром».

Мы постоянно увеличиваем объем производства, и в какой-то момент нам стало очевидно, что дальнейшее развитие без автоматизации производственных процессов просто невозможно. Поэтому 2 года назад мы приступили к выбору системы для управления производством.

Чем знаменателен проект внедрения ЦСУП «LOGOS» на производственной площадке компании «Яргазарматура»?

Юрий Смирнов (Ю.С.): Компания «Яргазарматура» стала для нас первым серьезным опытом по внедрению нашей разработки ЦСУП «LOGOS» на металлообрабатывающем предприятии. Наша компания имеет сильные компетенции в приборостроении и радиоэлектронике, поэтому программный продукт мы изначально развивали для автоматизации именно в этих отраслях — для участков сборки печатных плат и монтажно-сборочного производства. Конечно, нам было интересно реализовать проект с металлообрабатывающим предприятием, производящим сложную продукцию с высокими требованиями к качеству.



Генеральный директор
ООО «Остек-Инжиниринг»
Смирнов Юрий Викторович



Заместитель директора
по производству
ООО «Яргазарматура»
Дударев Николай Васильевич

Как проходил выбор поставщика программного продукта и партнера по внедрению?

Н.Д.: Мы очень серьезно подошли к вопросу выбора поставщика системы для управления производством. Изучили большое количество имеющихся на рынке программных продуктов, посетили много семинаров, выставок и других мероприятий по этой теме, познакомились с имеющимися решениями, как отечественными, так и иностранными.

В какой-то момент мы приняли решение о покупке готового коробочного программного продукта. Но этот опыт оказался неудачным. На практике мы не смогли с его помощью сопровождать наше производство, требовалась адаптация под наши реалии. Но наш поставщик этого обеспечить не смог, и нам стало очевидно, что мы не обойдемся готовым решением. Поэтому при дальнейшем выборе поставщика мы руководствовались аспектом внедрения и адаптации программного продукта под нужды нашего предприятия.

Компания «Яргазарматура» основана в 2000 г., находится в г. Чайковский, Пермский Край.

Площадь производственных помещений: 6 000 кв. м.

Территория: 6 Га.

«Яргазарматура» — производитель шаровых кранов серии ЯГТ, производство оснащено высокотехнологичным программным металлообрабатывающим оборудованием, на котором работают высококвалифицированные специалисты, имеющие большой опыт работы в ВПК, машиностроении и арматуростроении.

Почему вы выбрали именно программный продукт «LOGOS»?

Н.Д.: После нашего первого опыта мы продолжили поиски и знакомство с имеющимися на рынке решениями. В числе прочих мы нашли информацию и о ЦСУП «LOGOS». В сентябре 2016 года коллеги пригласили нас на семинар. Сам семинар и описание программного продукта были очень похожи на то, что мы видели раньше.

Мы снова услышали, что решение повышает эффективность, снижает издержки, оптимизирует производственные процессы и другие общие слова. Имея негативный опыт, мы понимали, что для успешного внедрения необходимо правильно разработанное для поставщика задание на внедрение софта. И мы осознали, что скорее всего не сможем разработать такое задание сами и предусмотреть в нем все нюансы.

Тем не менее, нас подкупило предложение бесплатно опробовать систему «LOGOS» в течение нескольких месяцев и за это время убедиться в работоспособности системы и возможности сопровождать в ней наше производство. А затем, уже понимая возможности и функционал системы, разработать качественное задание на внедрение. Ну и, если честно, понравилась уверенность сотрудников компании «Остек-Инжиниринг» в том, что они смогут обеспечить на первом этапе сопровождение нашего производства в системе «LOGOS», а затем и развитие этой системы под наши требования.

Юрий Викторович, эта уверенность подтвердилась в процессе работы?

Ю.С.: Все оказалось сложнее, чем мы ожидали. Так как наша система имела изначально другую специализацию, после инсталляции у заказчика она сразу не «взлетела». Нам пришлось адаптировать софт, чтобы обеспечить его работоспособность и дать возможность коллегам сопровождать производство в нашей системе.

Вас не испугали трудности на первоначальном этапе?

Н.Д.: Первое, что я подумал после запуска системы: «Это нам не подойдет». Но коллеги проявили настойчивость и профессионализм, проанализировали ситуацию и предоставили разработанный график адаптации и внедрения, рассчитанный на три месяца. В течение трех месяцев шаг за шагом корректировались различные модули и обеспечивались необходимые возможности для нашей работы в системе.

Одной из проблем, например, было то, что в системе «LOGOS» складской модуль ориентирован на работу с внешними складскими системами, а сейчас наши

коллеги уже разработали и внедрили полноценный складской модуль, интегрированный с производственной системой.

Ю.С.: Тут надо отдать должное руководству компании «Яргазарматура». Именно личная заинтересованность руководителя, в данном случае Николая Васильевича, и осознанная необходимость внедрения системы управления производством стали одними из ключевых факторов успеха.

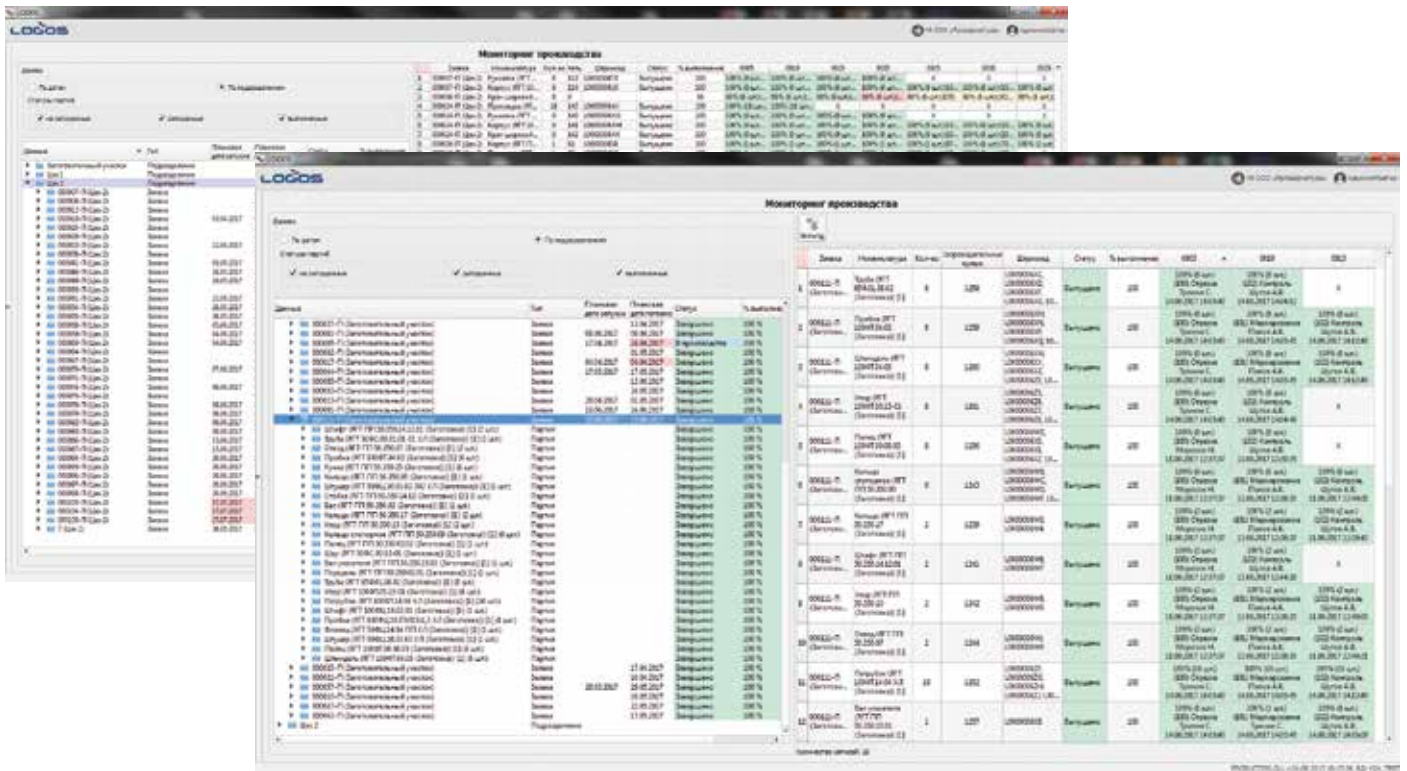
В процессе тестовой эксплуатации коллеги на предприятии интенсивно работали с нашим программным продуктом. Мы совместно формировали перечень необходимого функционала с учетом уже имеющегося в ЦСУП «LOGOS». Этот перечень затем был преобразован в техническое задание на внедрение.

Насколько был полезен период тестовой эксплуатации? Стоило это делать, тратить время, ресурсы?

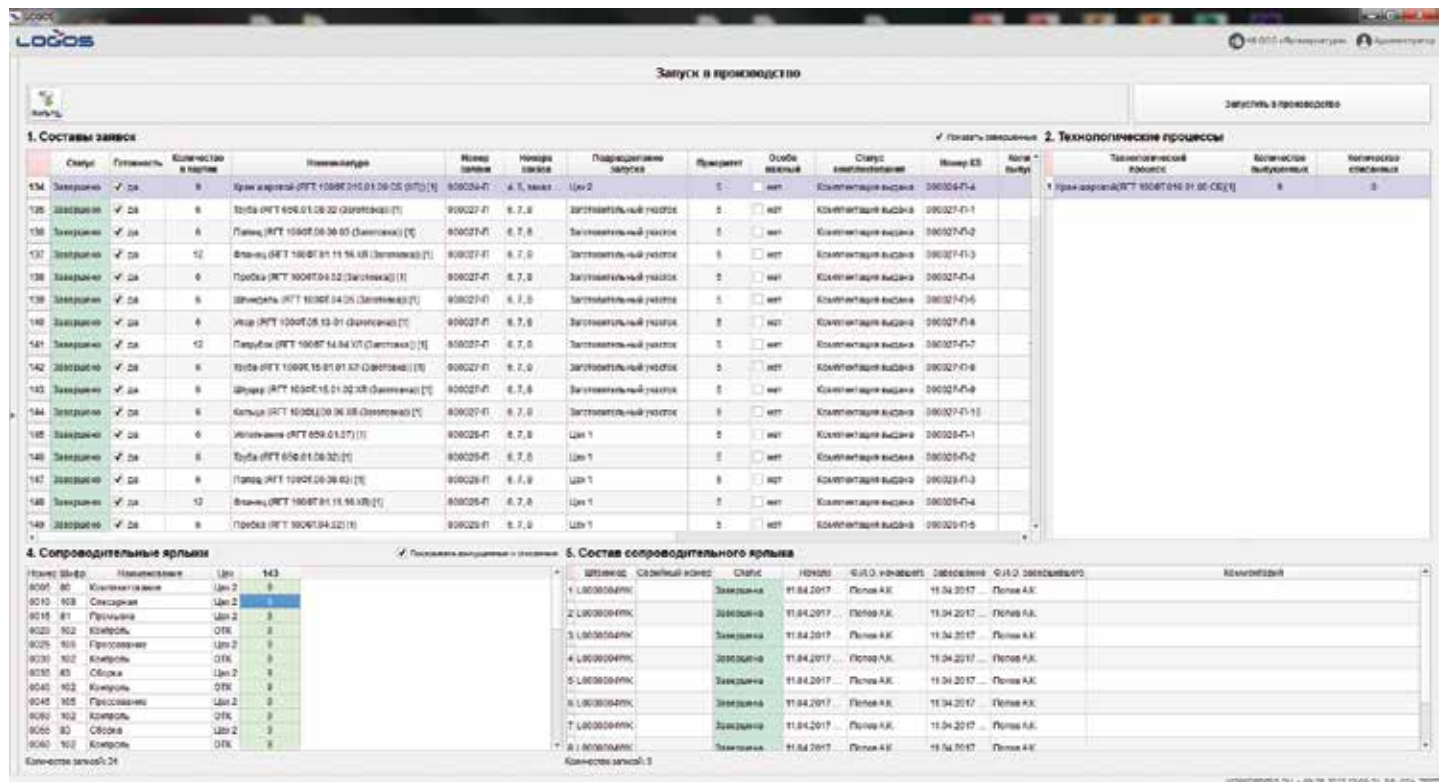
Н.Д.: Да, конечно! Впоследствии мы заключали договор с открытыми глазами, понимая какой функционал есть в базовой версии системы и что нужно в него добавить, чтобы система полностью удовлетворила наши требования и соответствовала нашему производству. А подход сотрудников поставщика на этапе опытной эксплуатации убедил нас в том, что они смогут реализовать все наши пожелания. Для нас целью тестового внедрения было выработать совместно с поставщиком ТЗ на внедрение и доработку.

Значит на момент начала взаимодействия стоимость проекта была не определена? Этот аспект учитывался при выборе поставщика?

Н.Д.: Вы знаете, наверное, этот аспект как раз существенной роли не сыграл. Мы достаточно долго и серьезно выбирали поставщика программного продукта для управления производством и прекрасно понимали уровень и структуру цен. Озвученные на начальном этапе предварительные цифры по стоимости проекта были абсолютно, как говорится, «в рынке». Кроме того, при принятии решения о внедрении системы управления производством мы ожидали получить и экономический эффект, превышающий наши затраты на внедрение. Мы совместно с коллегами проанализировали наши затраты за несколько последних отчетных периодов, оценили степень влияния автоматизации на соответствующие статьи затрат, причем очень консервативно, в диапазоне от 0,5 до 3 %. И все равно получалось, что ожидаемый экономический эффект от внедрения системы управления производством за год значительно больше, чем стоимость внедрения.



1 Интерфейс ЦСУП Logos для мониторинга производства. Различные уровни группировки информации позволяют отображать информацию о статусе и степени (%) выполнения заявки, партии или изделия. Окно детализации позволяет детализировать информацию до уровня конкретной технологической операции



2 Интерфейс ЦСУП Logos для работы с заявками в производство и их составом. Отображается информация о состоянии заявок, партий, технологических процессах, а также информация о сопроводительных (маршрутных) ярлыках и их составе с возможностью детализации до конкретного изделия

Сколько времени планируется затратить на реализацию этого проекта?

Ю.С.: В декабре 2016 года мы договорились о тестовой эксплуатации. Вышли на площадку в январе 2017 года. Февраль, март и апрель — это был период тестовой эксплуатации, в течение которого нам удалось обеспечить необходимые возможности нашей системы для сопровождения производства. Март и апрель ушли на формирование ТЗ и подписание договора на внедрение системы управления производством у заказчика. В июне мы закончили реализацию первого этапа договора: внедрение MES-уровня с расширенным функционалом прослеживаемости производства. Сейчас реализуется второй этап, который включает в себя работы по внедрению модуля планирования и аналитического модуля для мониторинга производства руководителем. Второй этап мы должны завершить в декабре 2017 года.

То есть фактически время внедрения модуля MES + прослеживаемость производства составило 6 месяцев. А плановый срок внедрения полного функционала ЦСУП «LOGOS», включая модули планирования, мониторинга и аналитики, составит 12 месяцев от момента начала тестовой эксплуатации.

Раз мы коснулись функционала, какие цели и задачи ставились изначально?

Н.Д.: Мы хотели получить прозрачность ситуации в производстве. Мы хотели контролировать себестоимость, качество и сроки. Нам была нужна актуальная, достоверная и объективная информация о ходе производства. Мы хотели видеть в реальном режиме времени, в какой степени готовности находится тот или иной заказ, иметь возможность оперативно реагировать на ситуацию и принимать необходимые меры. Нам была нужна прослеживаемость истории детали и изделия. Кто, когда, какую операцию выполнил, из какой комплектации или материала было изготовлено изделие. Нам понравилась возможность автоматически формировать контрольно-технологические паспорта на наши изделия. Для контроля за соблюдением технологической дисциплины нам была необходима персонализация ответственности. В вопросах качества нам была нужна статистика по браку и инструменты для анализа и выработки корректирующих мероприятий.

Важный вопрос, который мы должны были решить в рамках этого проекта, — учет материалов, полуфабрикатов, деталей и сборочных единиц незавершенного производства на складах и в производстве с целью оптимизации объема закупок и снижения соответствующих затрат.

Ну, а самая главная цель — максимально автоматизировать оперативное и долгосрочное планирование.

Что из этого удалось реализовать за первые 6 месяцев проекта?

Ю.С.: Думаю, что не ошибусь, если скажу, что в рамках первого этапа мы реализовали более 70 % из того, что перечислил Николай Васильевич.

Н.Д.: В настоящее время мы уже имеем возможность сопровождать производство в системе от получения заказа до сдачи готовой продукции на склад, можем видеть процент выполнения заявки или заказа.

Можно говорить о работе системы прослеживаемости, которая позволяет нам в режиме реального времени видеть информацию о ходе производства, о выполнении технологических операций и о вошедших в состав изделия материалах и комплектующих. В системе «LOGOS» мы уже работаем с составом изделия, спецификацией и с технологическими процессами, ведем учет ТМЦ на складах и в производстве.

В рамках второго этапа идет тонкая настройка и доработка программного продукта в соответствии с техническим заданием, которое было выработано на этапе тестовой эксплуатации, ведется работа над модулем планирования.

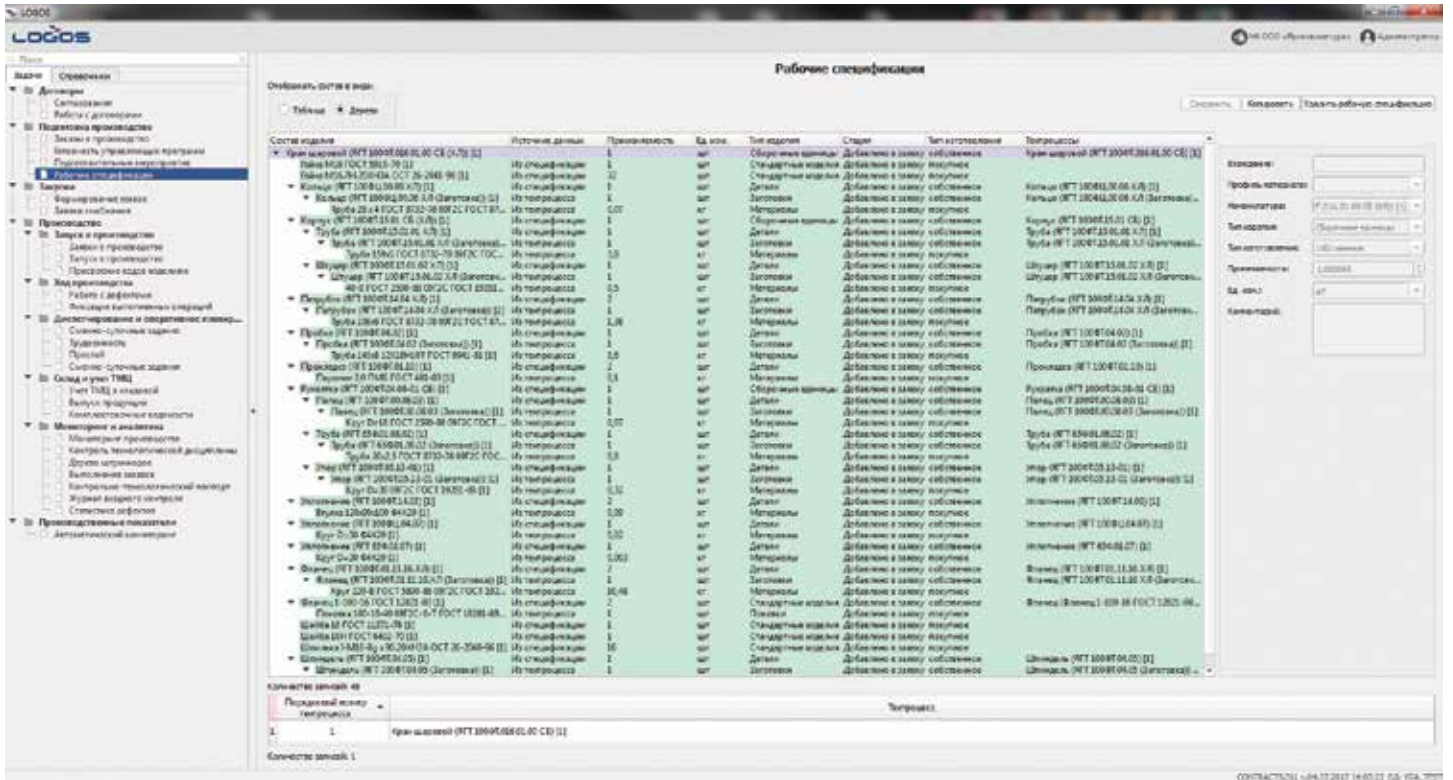
А почему такой важный раздел как планирование реализуется в рамках второго этапа?

Ю.С.: Для полноценной работы модуля планирования в системе необходима актуальная информация, на основании которой будет осуществляться планирование. Цель первого этапа при внедрении системы управления производством — обеспечить наличие в системе такой достоверной информации.

Уже можно говорить о каком-либо эффекте от внедрения системы на предприятии?

Н.Д.: Я считаю, что кроме экономического эффекта от внедрения системы управления производством мы получили серьезное конкурентное преимущество. Я имею в виду скорость, с которой мы можем получить и проанализировать информацию о состоянии дел на производстве. Это дает нам возможность оперативно влиять на ситуацию и действительно управлять производством. Нам стало значительно проще соблюдать сроки, контролировать себестоимость и обеспечивать качество продукции. У меня есть ощущение, что мы перешли на другой, качественно новый уровень организации производства.

Благодарим за интересную беседу! 



3 Интерфейс ЦСУП Logos для работы с составом (деревом) изделия



4 Интерфейс терминала коллективного пользования ЦСУП Logos для внесения информации о выполнении технологических операций сотрудниками предприятия

Индустрия 4.0 — в жгутовом производстве. ЭТО ВОЗМОЖНО?



Текст: **Роман Лыско**

»

Термины «Индустрия 4.0» и «Умное производство» прочно вошли в лексикон специалистов, связанных с промышленностью. Абсолютное большинство понимает необходимость изменения подходов к организации и управлению производственными процессами. Преобразования в большинстве случаев являются одним из главных условий сохранения конкурентоспособности и эффективности предприятий. В результате интеграции новых систем управления и ввода в эксплуатацию нового оборудования предприятия должны стать более гибкими в плане адаптации под потребности клиента. На предприятиях нового технологического уклада влияние человеческого фактора должно быть минимизировано, улучшены условия труда персонала, что будет способствовать повышению качества выпускаемой продукции.

На отечественных жгутовых производствах давно назрела необходимость в технических и организационных преобразованиях. И реализовать их сейчас и перейти на новый технологический уровень — возможно.

Если говорить об изменении принципов и подходов к управлению жгутовым производством, то начинать нужно с управления складскими остатками и запасами комплектующих. На отечественных жгутовых производствах широкая номенклатура изделий и многократно бóльшая номенклатура комплектующих: провода, контакты, разъемы, соединители, изолирующие материалы и другие компоненты. Управление таким объемом в старом формате порождает ряд проблем, связанных с учетом и контролем остатков, своевременностью подготовки комплектации. Учитывая высокую стоимость электротехнических компонентов, старые методы учета увеличивают оборотные издержки, при таком «учете» сложно решать задачи по оперативному обновлению остатков и корректировке номенклатуры комплектующих.

Сегодня на рынке есть решения, которые позволяют оптимизировать процессы организации складского и межоперационного хранения. Новые автоматизированные склады могут быть интегрированы с программными продуктами, учитывающими расход и поступление **рис 1**.

Оператор в режиме онлайн может получать информацию о складских остатках, уменьшается время на идентификацию и выдачу комплектующих, и, конечно, принципиально меняются условия труда работников. Современные автоматизированные складские комплексы позволяют осуществлять интеграцию с общей системой управления технологическим процессом. Цифровизация складского хранения — это один из шагов к созданию жгутового производства, где минимизировано возникновение дефектов или ошибок.

Помимо автоматизации процесса хранения комплектующих и готовой продукции важно систематизировать межоперационное хранение полуфабрикатов: проводных заготовок и жгутовых подборок. Для решения этих задач есть специализированное решение — интеллектуальная система хранения жгутовых заготовок **рис 2**.

Невозможно представить современное жгутовое производство без систем сквозного автоматического проектирования жгутовых изделий. Сегодня на рынке существует множество компаний, готовых поставить, внедрить, адаптировать под задачи заказчика и обеспечить техническое сопровождение специальных программных продуктов для проектирования жгутовых изделий **рис 3**.



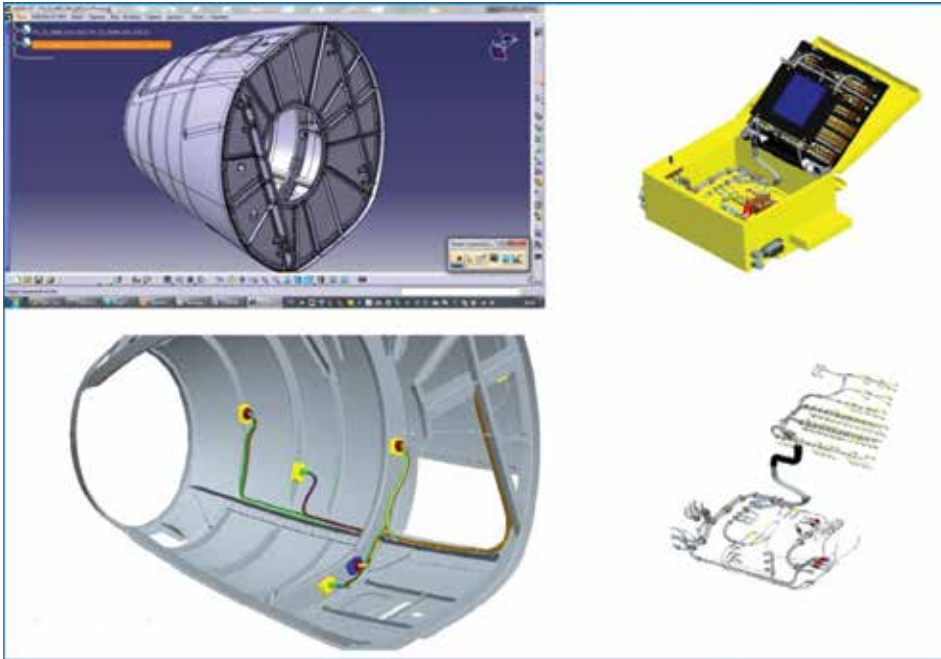
1 Автоматизированный складской комплекс для хранения комплектации для жгутовой продукции

Применение таких систем позволяет гибко и оперативно вносить изменения в конструктив изделий (в дальнейшем все эти изменения будут отражаться в производственных заданиях для оператора, начальника участка и других производственно-технических служб), а также минимизировать вероятность возникновения ошибок при проектировании в ручном режиме.

Постоянное усложнение жгутовых изделий с точки зрения геометрии и схемотехники требует высочайшего профессионализма от конструкторов и разработчиков.



2 Интеллектуальная система хранения жгутовых заготовок



3
Пример 3D-проектирования бортовой кабельной сети в автоматизированной системе

Но даже специалисты с огромным опытом не смогут обеспечить ту оперативность в проектировании, которая достигается при работе на специализированном программном обеспечении. Специализированное ПО позволяет проектировать жгутовые изделия с учетом расположения в готовом изделии механических и электрических узлов и автоматически рассчитывать длины проводных заготовок. Производители жгутовой продукции повсеместно сталкиваются с тем, что «внешние» и «внутризаводские» заказчики внепланово вносят различные изменения в конструктив изделий. И здесь важно, чтобы эти изменения были оперативно отражены во всей производственно-логистической цепочке.

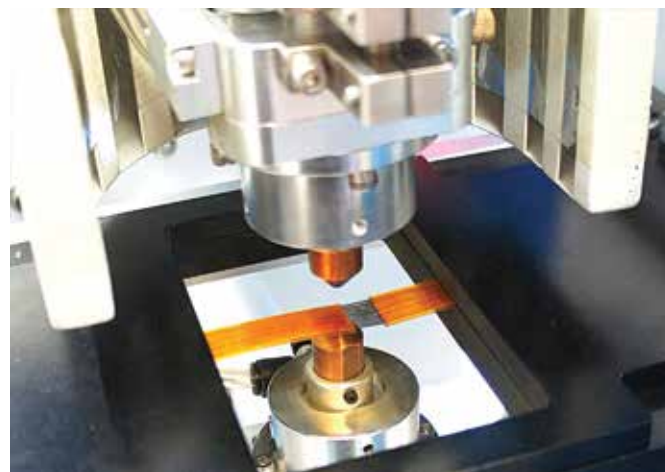
Усложнение и миниатюризация жгутовых изделий приводят к тому, что обеспечить высокое качество обработки проводных заготовок в ручном режиме становится практически невозможно. На рынке представлен широкий ассортимент автоматического оборудования для обработки провода. Правда, нашим отечественным заказчикам не всегда подходят стандартные решения. За последние несколько лет специалисты Группы компаний Остек разработали и адаптировали совершенно новые решения под задачи российских производителей. Еще 4 года назад на рынке не было машин, которые могли обрабатывать провода (резка, лазерная зачистка, подкрутка жилы, флюсование, лужение) МГТФ, МС, МГШВ и другие в автоматическом режиме без повреждения жилы провода. А сегодня такие автоматические линии рис 4 используют ведущие предприятия отрасли.

Еще одно решение, позволяющее автоматизировать процесс обработки проводов, — автоматическая линия обработки шлейфов БАУМ ЛЗ-50 рис 5.

Автоматизированные решения для обработки ленточных проводов (ЛПМФ, ЛМФ, ЛЛПС, ЛФС, ЛППМ, ЛПФО, ЛППП и других) дают большие возможности разработчикам и производителям радиоэлектронной аппаратуры (РЭА). Ленточные провода имеют ряд преимуществ перед обычными проводами в части передачи токовых нагрузок, стабильности параметров передачи, возможности миниатюризации изделий и т.д. Одним из существенных ограничений их применения была сложность обработки, которая сильно зависела от человеческого фактора. С новым решением процесс автоматизирован и подбор режимов обработки выполняется автоматически.



4
Роботизированный комплекс обработки провода (РКОП) с модулями лазерной зачистки, флюсования и лужения



5

Автоматическая линия обработки ленточных проводов БАУМ ЛЗ-50

Еще один пример автоматизации и оцифровки процессов в жгутовом производстве — интерактивный сборочный плаз рис 6. Сборка всегда была одним из «узких» мест жгутового производства. Учитывая высокую сложность и геометрию жгутовых изделий, все сложнее опираться только на опыт специалистов, сборочный процесс связан с большими трудозатратами и зависим от человеческого фактора. Новое решение позволяет полностью оцифровать его.

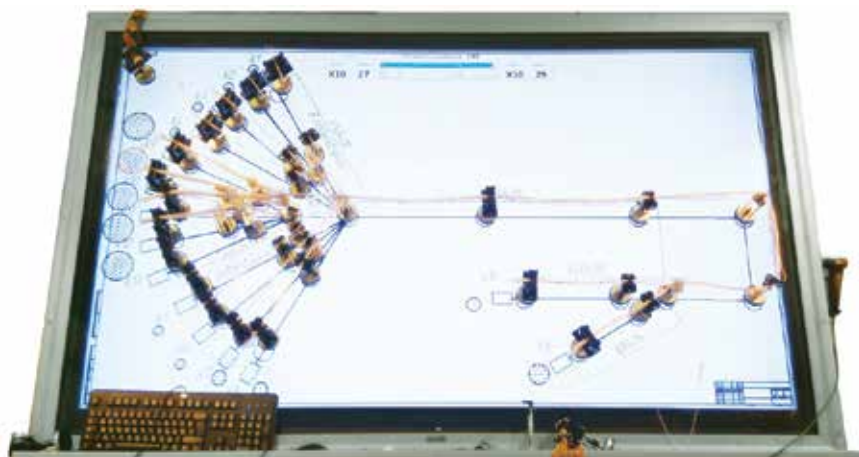
Интерактивный сборочный плаз — хороший пример того, как можно изменить условия труда работников, занятых сборкой жгутовых изделий. Помимо объективных технологических преимуществ, повышения производи-

тельности и минимизации вероятности ошибок сборки интерактивный сборочный плаз — это возможность привлечь на не самые престижные сборочные операции молодых специалистов. Автоматизированные современные рабочие места наиболее интересны для сотрудников.

Несмотря на появление решений, позволяющих автоматизировать и оцифровать многие производственные процессы, настоящий переход к «умному производству» и Индустрии 4.0 невозможен без применения единой системы управления технологическими и другими рабочими процессами. Без единой связующей системы можно говорить только о точечной автоматизации, но никак не о производстве четвертого технологического уклада. Мы уже говорили о том, что с помощью современно-

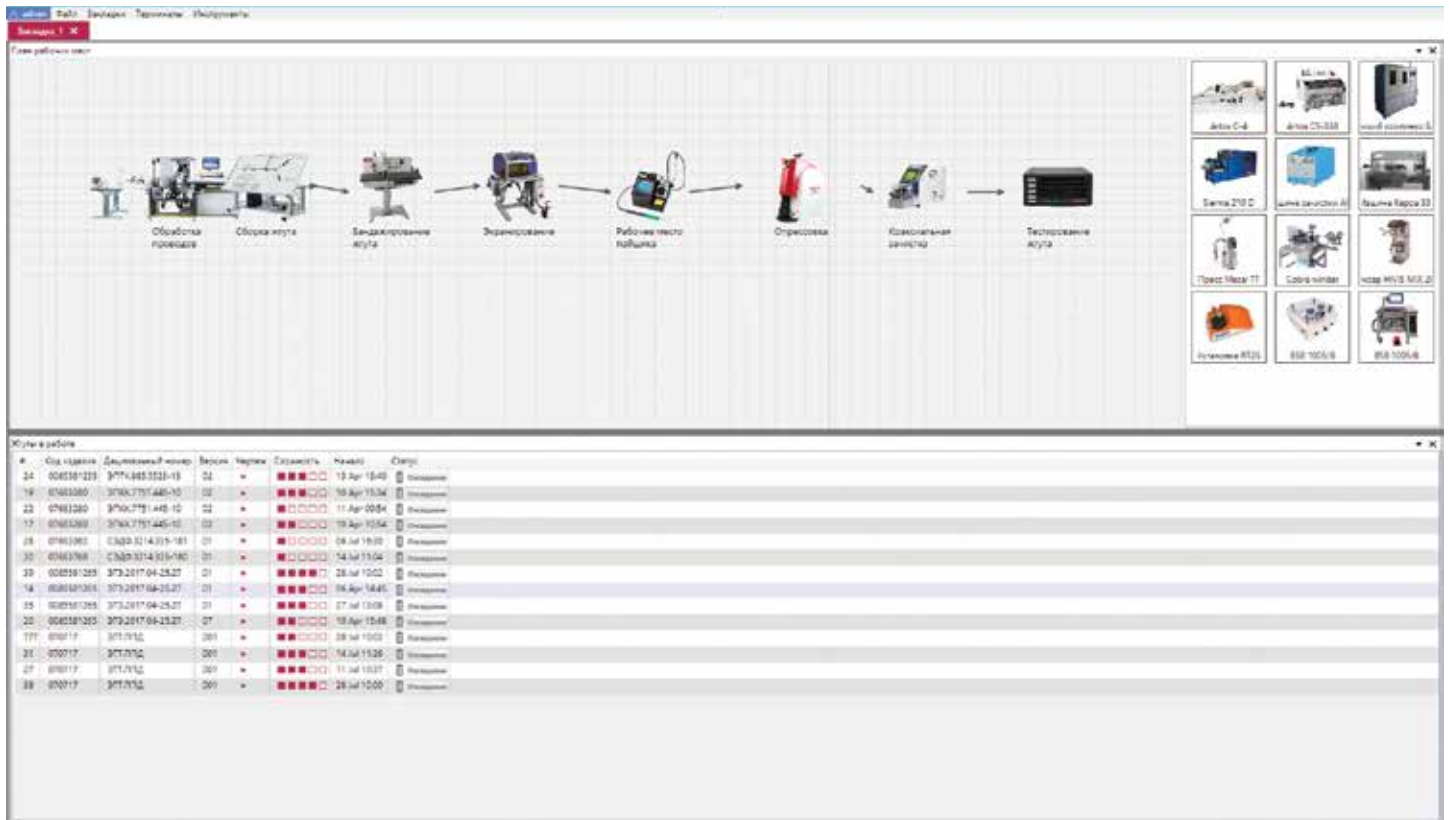
го оборудования можно снизить влияние человеческого фактора на определенных технологических операциях. ИСУТП (интеллектуальная система управления технологическим процессом) позволяет минимизировать человеческий фактор на всех этапах производства жгутовой продукции, глобально повысить гибкость и эффективность организационных процессов и действительно изменить организационный и управленческий уклад на жгутовом производстве.

Если говорить об управлении предприятием, то сегодня на уровне начальника участка или цеха по производству жгутов в большинстве случаев используются ПК и компьютерная сеть на минимальном уровне возможностей, управленческие решения принимаются на основе опыта,



6

Интерактивный сборочный плаз



7

Визуальное отображение последовательности технологических операций и списка жгутовых изделий, находящихся в работе на участке

интуиции и с высоким уровнем субъективности. Сбор информации о состоянии дел на производственном участке происходит в «ручном» режиме. И зачастую у руководителя такого подразделения нет целостной картины. Сегодня человеку трудно конкурировать с компьютерными и автоматизированными системами по сбору, структурированию и анализу информации. ИСУТП — это та программно-информационная среда, где все участники процесса — руководители подразделений, конструкторы, технологи, операторы и монтажники — работают в одном информационном поле. Руководителю доступна онлайн информация о готовой продукции, изделиях, находящихся в работе, задействованном в процессе оборудовании **рис 7**.

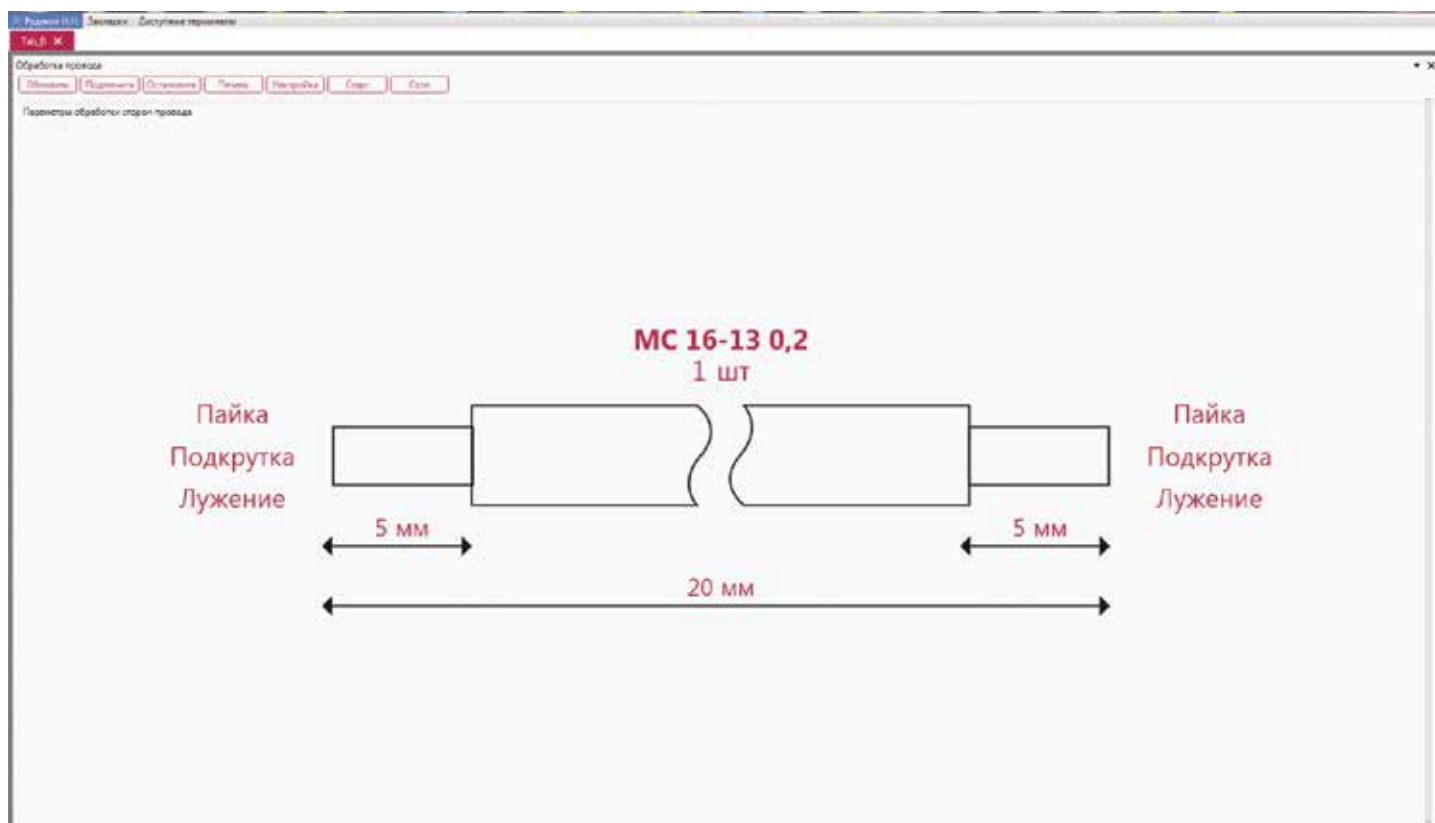
ИСУТП позволяет оперативно корректировать планы подразделения, информация поступает не только от руководителей к нижестоящим сотрудникам, но и от рядовых исполнителей, монтажников и операторов, — к руководителю **рис 8**. Изменения, происходящие в системе на любом уровне, одновременно отображаются для всех участников. И вероятность искажения данных при передаче на другой уровень или в другое подразделение становится равной нулю.

Каждый участник процесса может получить информацию о текущем состоянии дел и сам обновить ее на своем уровне доступа. ИСУТП — это абсолютно новый подход

к управлению технологическим и производственным процессом, который позволяет решить множество задач. И прежде всего, дает возможность организовать жгутовое производство с минимальным уровнем влияния человеческого фактора. Еще одна важная особенность системы — возможность получить (выгрузить) данные для аналитики: трудозатраты на операцию, отклонения от графика выпуска продукции, сложность изготовления изделий, сбои в работе оборудования и т.д. Эта информация позволит принимать объективные управленческие и организационные решения, влияющие на общую эффективность предприятия.

Все вышеперечисленное является подтверждением того, что технический уровень оборудования, систем проектирования и управления жгутовым производством соответствует уровню Индустрии 4.0, и с точки зрения техники и программных продуктов вполне возможно реализовать концепцию «Умного производства». Основным сдерживающим фактором реализации этих задач является необходимость существенных финансовых инвестиций на модернизацию. Не каждому предприятию по силам осуществить быстрый переход на новый технологический уклад.

В журнале «Вектор высоких технологий» № 6(27) сентябрь 2016 года мы подробно рассказывали о создании центров компетенций по жгутовым производствам в рамках интегрированных структур и концернов.



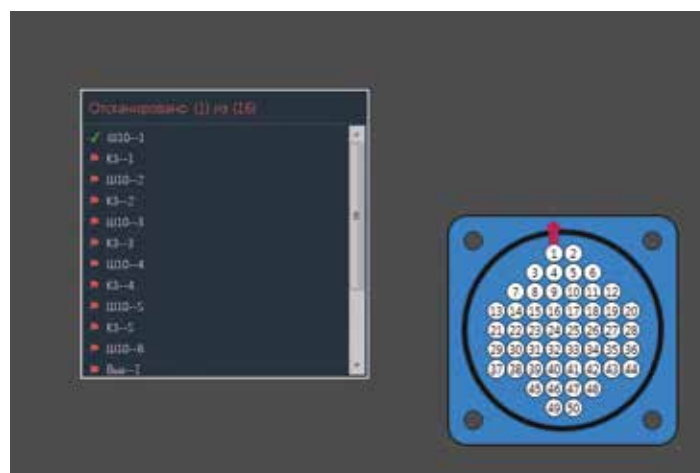
8 Визуальное отображение информации о параметрах обработки провода для оператора РКОП

Экономический эффект от внедрения идей «умного производства» будет существенно выше при большем масштабе производства. Но и для тех предприятий и структур, для которых по разным причинам невозможна кооперация с другими компаниями или создание центров компетенций, тоже есть возможности создать «умное» жгутовое производство. Целесообразно начать с оснащения и автоматизации точечных технологических операций — исходя из финансовых и организационных возможностей, закрыть наиболее узкие и проблемные места, т. е. создавать «умное производства» поэтапно. Интеграция в технологический процесс ИСУТП не обязательно привязана к оборудованию с высоким уровнем автоматизации. Нами реализована, например, привязка ИСУТП к рабочим местам монтажников, где происходит распайка проводов в разъемы рис 9.

В жгутовом производстве в силу большой номенклатуры и типов проводов не всегда возможно создать автоматизированную линию, где в автоматическом режиме будут обрабатываться все провода. Даже на самом современном производстве есть ручные и полуавтоматические операции. И операции такого уровня можно интегрировать в общую ИСУТП.

Еще один сдерживающий фактор — это неготовность и недоверие руководителей к инновационным изменениям. Многие не хотят быть «подопытными

кроликами» для инжиниринговых компаний. В качестве возражения ответчу, что ряд предприятий уже прошел путь создания своего «умного производства» и некоторые совместно со специалистами Остека. И у потенциальных заказчиков есть возможность на практике ознакомиться с реализацией концепции как на производственных площадках наших клиентов, так и в демозале нашей компании, где концепция «умного производства» представлена в миниатюре.

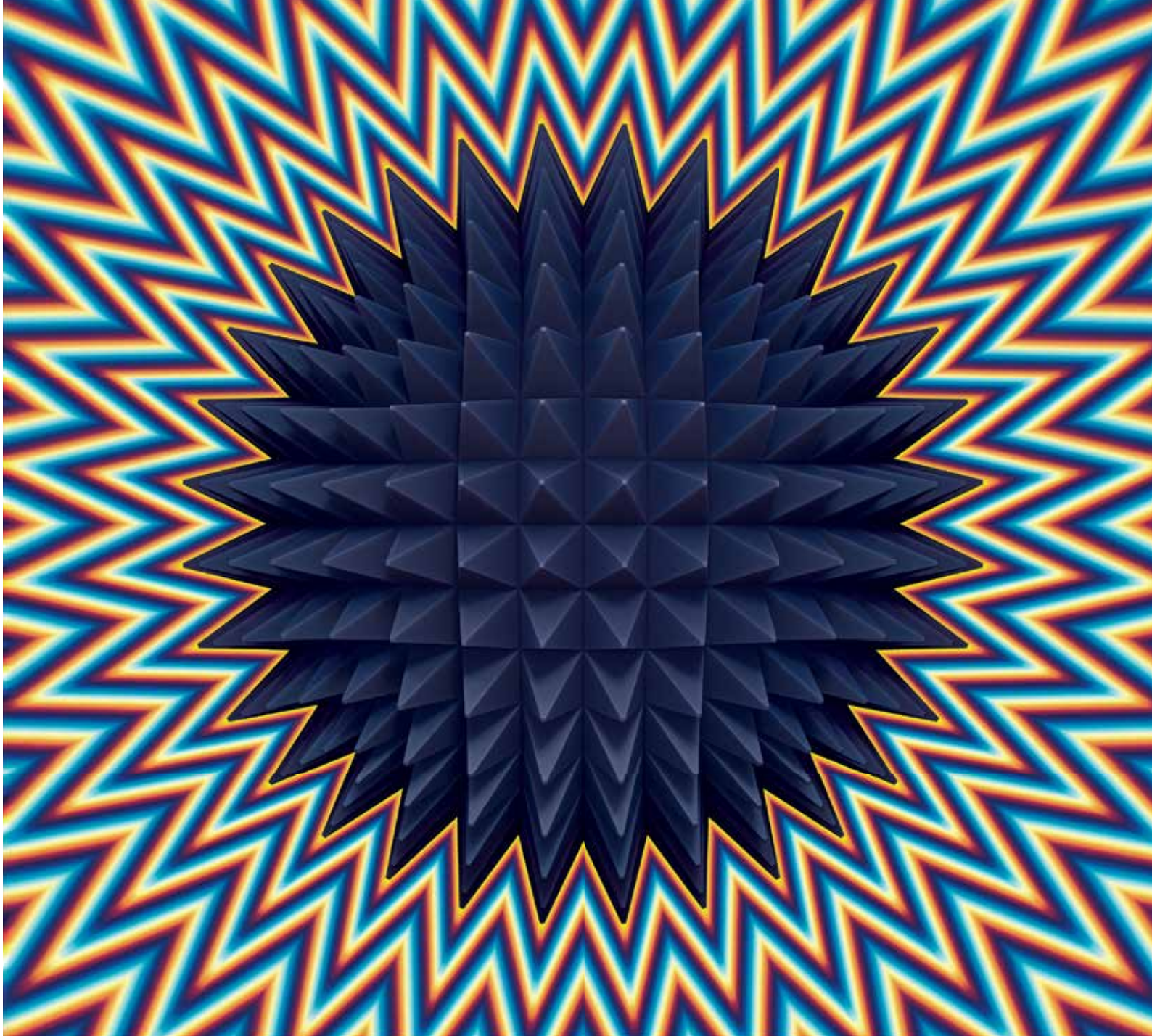


9 Отображение на мониторе последовательности распайки проводов в разъемы на рабочем месте монтажника

Если вернуться к заголовку статьи и вопросу возможности создания предприятий четвертого технологического уклада на жгутовых производствах, можно уверенно ответить, что с точки зрения оборудования, программных продуктов и опыта по реализации подобных проектов — все осуществимо. И этому также способствует тот факт, что на предприятия приходит новое поколение сотрудников, которые свободно владеют компьютерной техникой и готовы к цифровизации производственных процессов.

Внедрение новых единиц оборудования и систем управления производственным процессом позволяет снизить трудоемкость выпускаемых изделий в 2–3 раза. Время запуска в производство новых продуктов сокращается в 5–10 раз. Вероятность выпуска некачественных изделий приближается к нулю. Эти объективные показатели подтверждают, что переход к Индустрии 4.0 — это не просто модный тренд, который хорошо раскручен в СМИ и на интернет-ресурсах. Это необходимый шаг для обеспечения конкурентоспособности предприятий в сложившихся условиях. Те руководители, которые раньше поймут это и пойдут по пути организационных изменений, получат значительное преимущество перед другими компаниями.

И, как говорится — дорогу осилит идущий! 



Полное погружение в проект*

Спроектируем. Построим. Аттестуем.

Безэховые камеры и измерительные комплексы

- для измерения параметров антенн
- для испытания на ЭМС
- для акустических измерений
- для работы в полевых условиях

* Узнай о **БЭК в Остек** на сайте www.ostec-electro.ru
Эксклюзивный дистрибьютор в РФ и странах Таможенного союза
(Киргизия, Белоруссия, Казахстан, Армения)
ООО «Остек-Электро»



будущее
создается

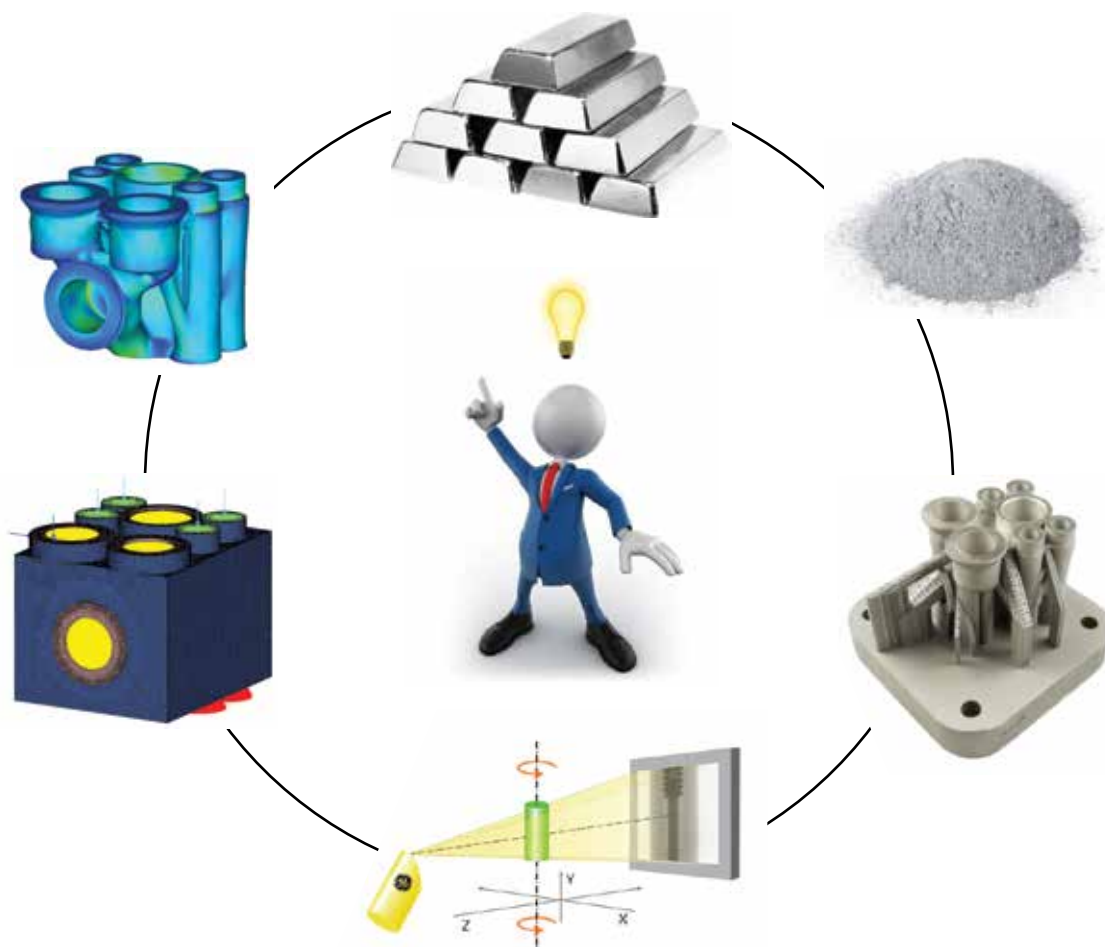
Цифровые технологии производства: печать металлопорошковыми композициями



Текст: **Антон Нисан**

”

Мы живем в эпоху перехода к повсеместной цифровизации. За какой-то десяток лет телевидение стало цифровым, фотоаппараты и видеокамеры — цифровыми, появились новые «умные» гаджеты. Мы генерируем, воспринимаем, обрабатываем, храним информацию в цифровом виде, на цифровых носителях. А что с технологиями производства? Становятся ли они цифровыми, и какие преимущества цифровизация сулит им?



1 Цифровые технологии производства ускоряют ваш путь от идеи к результату

Для ответа на эти вопросы необходимо определить, что именно мы понимаем под цифровыми технологиями производства рис. 1. Цифровые технологии производства — это комплекс аддитивных технологий производства (3D-печати), компьютерной томографии, 3D-сканирования, современных методов постобработки, контроля и испытаний продукции, в разработке которой широко применяются системы автоматизированного проектирования и моделирования физических процессов для оптимизации конструкции изделий и процессов их изготовления и полноценного раскрытия преимуществ и возможностей технологий. В данной концепции под продукцией подразумеваются изделия из металлов (точнее стали и сплавов), в основе производства которых применима и целесообразна аддитивная технология селективного лазерного сплавления металлопорошковых композиций.

Разработка изделий во многом уже стала цифровой: внедрены и активно используются системы автоматизированного проектирования, проводятся расчеты

механических нагрузок, тепловые, газо- и гидродинамические расчеты. На основе этих расчетов за несколько итераций оптимизируется конструкция, что значительно снижает количество изготавливаемых прототипов и опытных образцов.

Если разработка уже оцифрована, то производство только активно начинает этот процесс. Понимая актуальность и важность такого начинания, предлагаем вашему вниманию концепцию комплексного внедрения цифровых технологий производства. Концепция включает в себя аддитивные технологии, в частности, 3D-печать металлами и полный цикл постобработки, компьютерной томографии и 3D-сканирование, другие современные технологии контроля и испытаний, компьютерное моделирование и оптимизацию технологических процессов, которая открывает новые возможности в проектировании и производстве и обеспечивает значительные преимущества. Какие именно и для каких областей применений, рассмотрим далее.



Селективное лазерное сплавление — аддитивная технология изготовления (3D-печать) изделий из стали, алюминиевых, титановых, никелевых, кобальтовых и других сплавов, в которой мощный сфокусированный лазер расплавляет частицы порошка, послойно формируя деталь. Суть процесса: ракель наносит на платформу тонкий слой порошка, лазер расплавляет порошок на тех участках, где должна быть деталь (фактически поточечно экспонируется сечение детали каждым конкретным слоем построения), затем платформа опускается на 25–60 мкм, наносится следующий слой порошка и так далее. Процесс происходит в инертной среде для предотвращения окислению, диаметр частиц порошка десятки микрон.

Защитная линза

Бункер с порошком

Ввод инертного газа

Дозирующая система

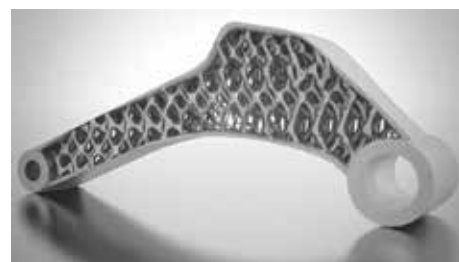
Вывод инертного газа

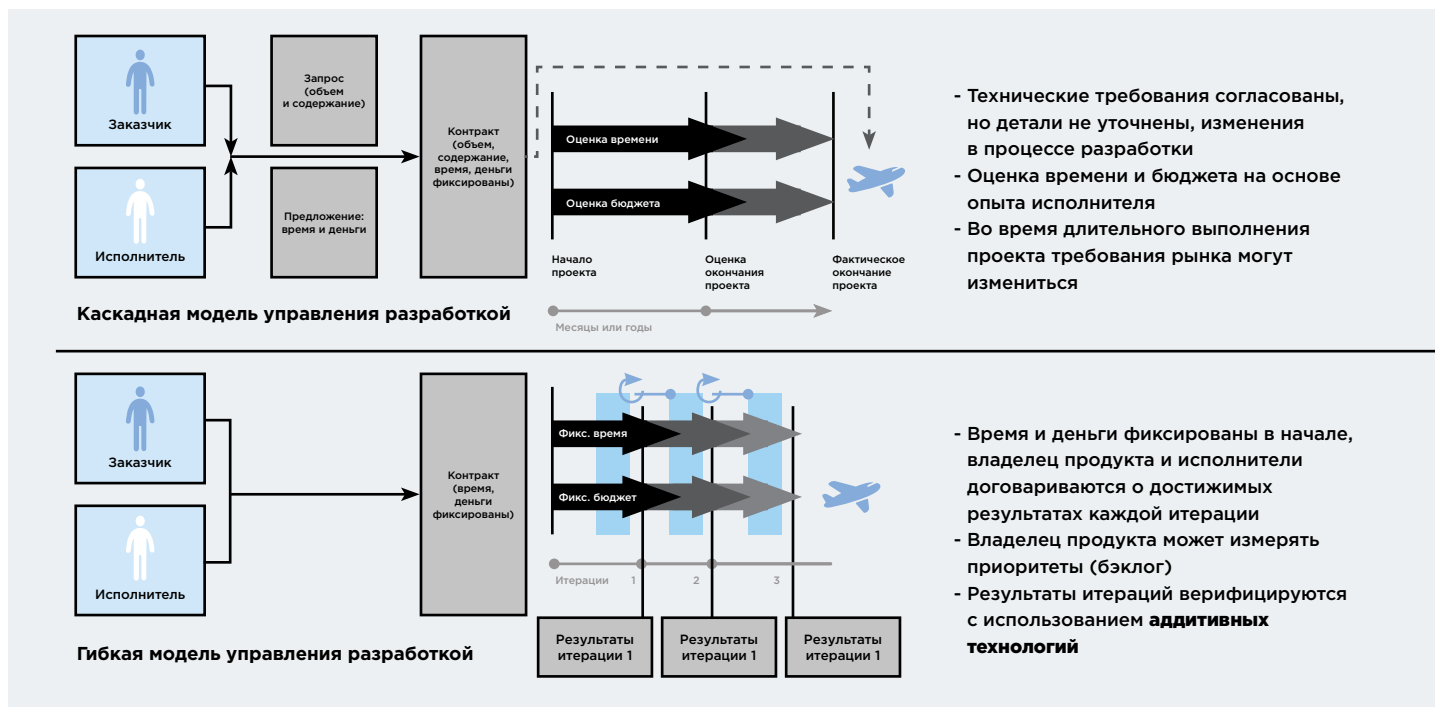
Отверстие сброса порошка

Преимущества цифровых технологий производства

Выделяют следующие основные преимущества внедрения цифровых технологий производства:

- Гибкость проектирования: возможность получения деталей сложной, развитой формы с внутренними каналами, с бионическими элементами и сетчатыми структурами **рис 2**. Объединение нескольких деталей в одну.
- Гибкость производства: не требуется оснастка (литьевые формы, выжигаемые модели), возможна быстрая переналадка на другие типы материалов.
- Уменьшение сроков разработки и выхода на рынок: полная поддержка гибких методик разработки (Agile, Scrum) за счет быстрой верификации результатов проектирования на прототипах и опытных образцах **рис 3**.
- Быстрое прототипирование благодаря коротким производственным циклам.
- Снижение массы, материалоемкости **Т 1**: перепроектирование изделий под аддитивные технологии позволяет уменьшить количество материала в механически малонагруженных участках деталей, а сетчатые и бионические конструкции обладают высокой удельной прочностью.
- Высокий коэффициент использования материалов: не сплавленный порошок просеивается после печати и может десятки раз повторно использоваться без потери как собственных свойств, так и свойств продукции.
- Уменьшение отрицательного воздействия на окружающую среду: снижены отходы и выбросы вредных веществ.





3 Сравнение каскадной и гибкой (Agile, Scrum) моделей управления разработками. Цифровые технологии производства полностью поддерживают гибкую модель управления разработками. Источник: Roland Berger

T 1 Иллюстрация снижения массы. Источник: Renishaw

Параметр	Оригинальный коллектор	Итерация 1	Итерация 2
Материал	AlSi10Mg	AlSi10Mg	S316L
Объем, см ³	9600	4650	2040
Масса, кг	25,6	12,3	16,3

Области применения

Еще несколько лет назад технологии печати из металлов и сплавов воспринимались как применимые преимущественно для прототипирования. Во многом такое восприятие было обусловлено малым опытом проектирования, испытаний и эксплуатации изделий, сравнительно небольшим парком установленного оборудования для аддитивного производства, отсутствием стандартов. Но сейчас с уверенностью можно сказать, что колоссальная работа большого количества компаний, исследовательских центров, университетов, направленная на внедрение цифровых технологий в производство конечных изделий, увенчалась успехом, о чем ярко свидетельствуют следующие примеры.

АВИАКОСМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

В 2015 году Федеральное управление гражданской авиации (FAA) США сертифицировало напечатанный из кобальт-хромового сплава корпус датчика температуры для применения в коммерческих двигателях GE. Это первая изготовленная по аддитивным технологиям металлическая деталь, допущенная для эксплуатации на коммерческих авиалиниях. Следующий пример — топливные форсунки турбореактивных двигателей GE LEAP, напечатанные из жаропрочного никелевого сплава. Полноценное использование возможностей аддитивных технологий при перепроектировании форсунки позволило объединить 20 деталей в одну, снизить



4

Примеры применения в авиакосмической промышленности: корпус датчика температуры на входе в компрессор двигателя GE, CoCr сплав **A**, топливные форсунки турбореактивных двигателей GE LEAP, Ni сплав **B**, прототипы лопаток турбины низкого давления для двигателя GE9X, TiAl сплав **C**

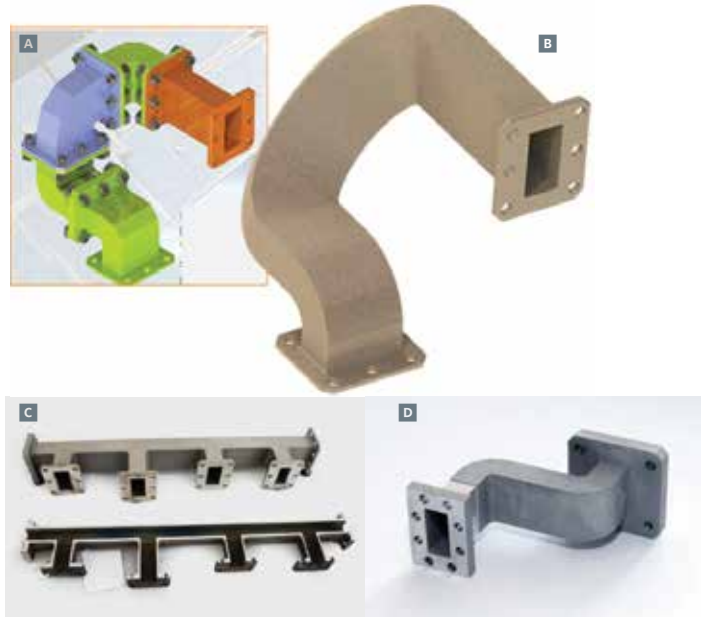
массу на 25 %, увеличить срок службы в 5 раз. В начале 2016 года двигатель GE LEAP был сертифицирован FAA, а с лета 2016 эксплуатируется на коммерческих рейсах (Airbus A320neo). Данный пример иллюстрирует свершившийся факт внедрения аддитивных технологий изготовления изделий из сплавов в серийное производство с большими объемами: таких форсунок только в одном двигателе 19 штук, а портфель заказов на двигатели LEAP по состоянию на середину 2017 года составил 12 200 штук на сумму 170 млрд долларов США **рис 4**.

Также в настоящее время активно проектируются и испытываются лопатки турбин с внутренними каналами охлаждения, в частности из алюминий-титанового сплава для самого большого разрабатываемого авиационного двигателя в мире GE9X.

Добрались аддитивные технологии и до космоса: 6 января 2014 года компания SpaceX запустила ракету Falcon 9, в которой в одном из девяти двигателей Merlin 1D корпус главного клапана окислителя был напечатан. Запуск прошел успешно, напечатанная деталь выдержала воздействие жидкого кислорода при криогенных температурах в условиях сильных вибраций.

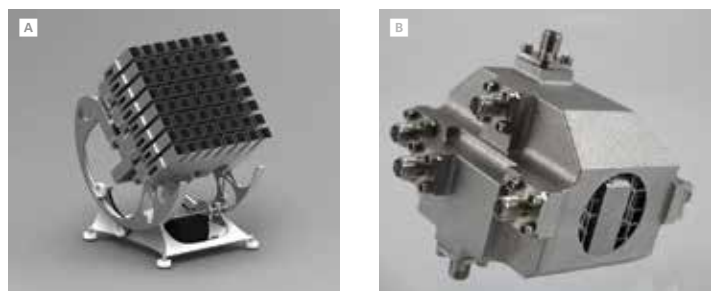
ЭЛЕКТРОНИКА И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

В области электроники и приборостроения 3D-печать металлами применима для изготовления волноводов, антенн, компараторов, радиаторов. Например, при изготовлении волноводов по аддитивным технологиям существует потенциальная возможность обеспечения следующих преимуществ: уменьшение количества соединений, уплотнений и крепежа, упрощение сборки, уменьшение массы, повышение надежности **рис 5**, **рис 6**.



5

Традиционный волновод **A**; волноводы, изготовленные 3D-печатью **B**, **C**, **D**. Источник: Optisys

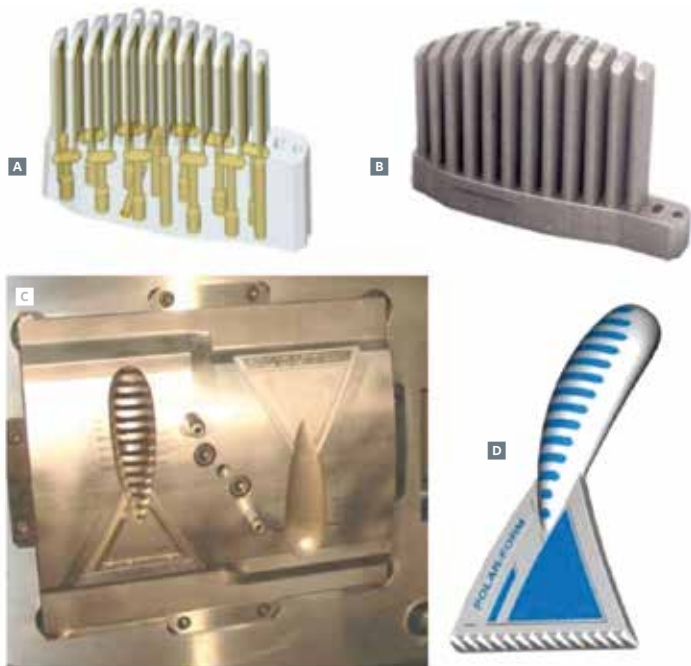


6

Спутниковая антенна X-диапазона **A**, компаратор K-диапазона **B**. Источник: Optisys



7 Модель и напечатанная вставка в форму с каналами охлаждения. Источник: Renishaw



8 Модель вставки **A**, вставка, напечатанная на 3D-принтере **B**, пресс-форма **C**, скребок для льда **D**. Источник: Renishaw

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Печать металлами уже серийно применяется для изготовления формообразующих вставок в пресс-формы с каналами охлаждения для литья пластмасс, так как в процессе отверждения необходимо отводить большое количество тепла рис 7. Использование каналов охлаждения позволяет добиться сокращения времени охлаждения до трех раз, высокой однородности деталей, снизить уровень брака, уменьшить время цикла до двух раз рис 8.

В энергетическом машиностроении 3D-печать металлами может также применяться для изготовления лопаток газовых турбин и головок газовых горелок рис 9, рис 10.

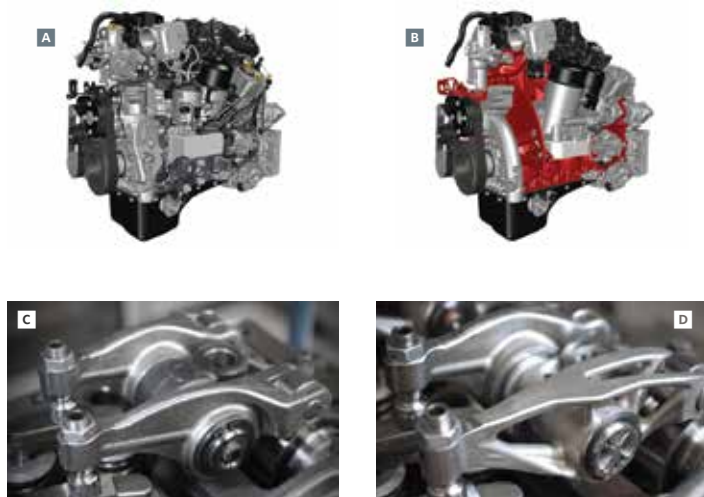
Печать металлами также применима в транспортном машиностроении: компанией Renault Trucks был перепроектирован перспективный двигатель DT15 Euro 6, что позволило уменьшить количество деталей с 841 до 641 штуки и уменьшить массу с 525 до 405 кг рис 11. Коромысла и крышки корпусов клапанов уже были напечатаны и испытаны, а кронштейн генератора, кронштейн жгутов проводки, блок цилиндров, головка цилиндров — пока только перепроектированы.



9 Лопатки газовых турбин. Ni сплав. Источник Siemens



10 Головка газовой горелки. Источник: Materials Solutions



11 Модель двигателя **A**; модель двигателя с деталями, которые предлагается изготавливать по аддитивным технологиям **B**; коромысло, выполненное литьем **C**; напечатанное коромысло **D**. Источник: Renault Trucks



12 Серийно выпускаемый напечатанный глушитель. Источник: Tronrud Engineering

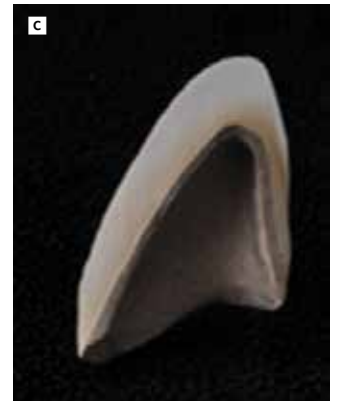
ВПК

Согласно мнениям многих экспертов, аддитивные технологии в ближайшем будущем будут широко использоваться для военных нужд. Помимо общих преимуществ, характерных для всех областей применения, ожидается, что военные приложения 3D-печати также упростят логистику, радикально уменьшат склады с запчастями, сократят сроки и стоимость ремонта, перенесут производство и ремонт ближе к зоне ведения боевых действий. К примеру, в 2014–2016 годах ВМС США в экспериментальных целях установили 3D-принтеры на трех кораблях: универсальных десантных кораблях «Эссекс» и «Кирсадж» и авианосце «Гарри С. Труман». Тем временем в Норвегии с 2015 года серийно (больше

1 000 штук в год) печатают глушители для стрелкового оружия, внутренняя втулка которых изготавливается из жаропрочного никелевого сплава, а наружная часть — из титанового сплава РИС 12.

МЕДИЦИНА

В медицине преимущества и возможности цифровых технологий наиболее полно раскрываются в области протезирования. При помощи лазерного внутриротового сканера врач получает цифровой «снимок» (т.е. 3D-модель) ротовой полости или ее отдельных фрагментов. На основе полученного цифрового слепка проектируются 3D-модели мостовидных протезов или одиночных коронок, которые затем печатаются из сплава кобальта и хрома, после чего покрываются слоем керамики РИС 13. Печать зубных протезов и коронок была внедрена в медицинскую практику более 10 лет назад и получила широкое распространение: в настоящее время по такой технологии производится более 10 млн изделий в год. Конечно, аддитивные технологии применяются и для изготовления других видов имплантатов, примеры некоторых из них показаны на РИС 14, а также хирургических шаблонов для проведения операций.



13 Внутриротовой лазерный сканер А, зубная коронка, напечатанная из сплава кобальт-хром В; покрытая керамикой коронка в разрезе С. Источник: Renishaw, CBC Dental Lab, iTero



14 Протезы: челюстная кость собаки, титановый сплав А; вертлужный компонент В и ножка С эндопротеза тазобедренного сустава; спинальный имплантат, титановый сплав D; эндопротез коленного сустава Е. Источник: Renishaw, TiDA, Fraunhofer IWA

ЗАПАСНЫЕ ЧАСТИ, СНЯТЫЕ С ПРОИЗВОДСТВА, УНИКАЛЬНЫЕ ДЕТАЛИ

С каждым годом техники в мире становится все больше, а при ее ремонте специалисты часто сталкиваются с невозможностью выполнения ремонта из-за отсутствия запасных частей для морально устаревших, но физически вполне работоспособных устройств. С другой стороны, производителей техники тоже можно понять — поддерживать склад запасных частей не всегда экономически целесообразно. В этой ситуации печать запасных частей — разумное решение, снижающее затраты как производителя, так и потребителя оборудования **рис 15**.

Одна из движущих сил развития человечества — безумное стремление сделать что-то впервые в мире, «установить рекорд»: проехать быстрее, взлететь выше, нырнуть глубже. На современном этапе развития науки и техники установление этих достижений требует всё более совершенных, творческих, специализированных решений на пределе возможности технологий и материалов. При этом тиражировать эти решения не предполагается: речь, как правило, идет об изготовлении уникальных изделий или ограниченной партии. Аддитивные технологии привносят в эту область новые возможности, заметно расширяя границы проектирования и вдохновляя на реализацию задуманного и постоянное развитие **рис 16**.

Схема процесса

Схема процесса предлагаемого комплексного решения, укрупненно состоящая из следующих блоков: разработка, входной контроль материалов, печать и постобработка, контроль и испытания изделий и образцов, приведена на **рис 17**, а планировка — на **рис 18**.

Разработка. Исходя из ТЗ на проектируемую систему, формулируются требования к разрабатываемому изделию. Задается компоновочный объем, разрабатывается 3D-модель, проводится ее оптимизация на основе прочностных (а также при необходимости тепловых, гидро- и газодинамических) расчетов и технологических возможностей, моделирование процесса печати.

Входной контроль материалов. Изготовление ответственных изделий требует полной уверенности в постоянстве качества металлопорошковых композиций, что обеспечивается полноценным входным контролем материалов, включая контроль химического, фазового, фракционного составов, морфологии, насыпной плотности и сыпучести.

Печать и постобработка. После печати неиспользуемый порошок просеивается и используется повторно. Детали очищаются от порошка и при необходимости снятия напряжений до отделения от платформы подвергаются отжигу. Для снятия деталей с платформы ис-



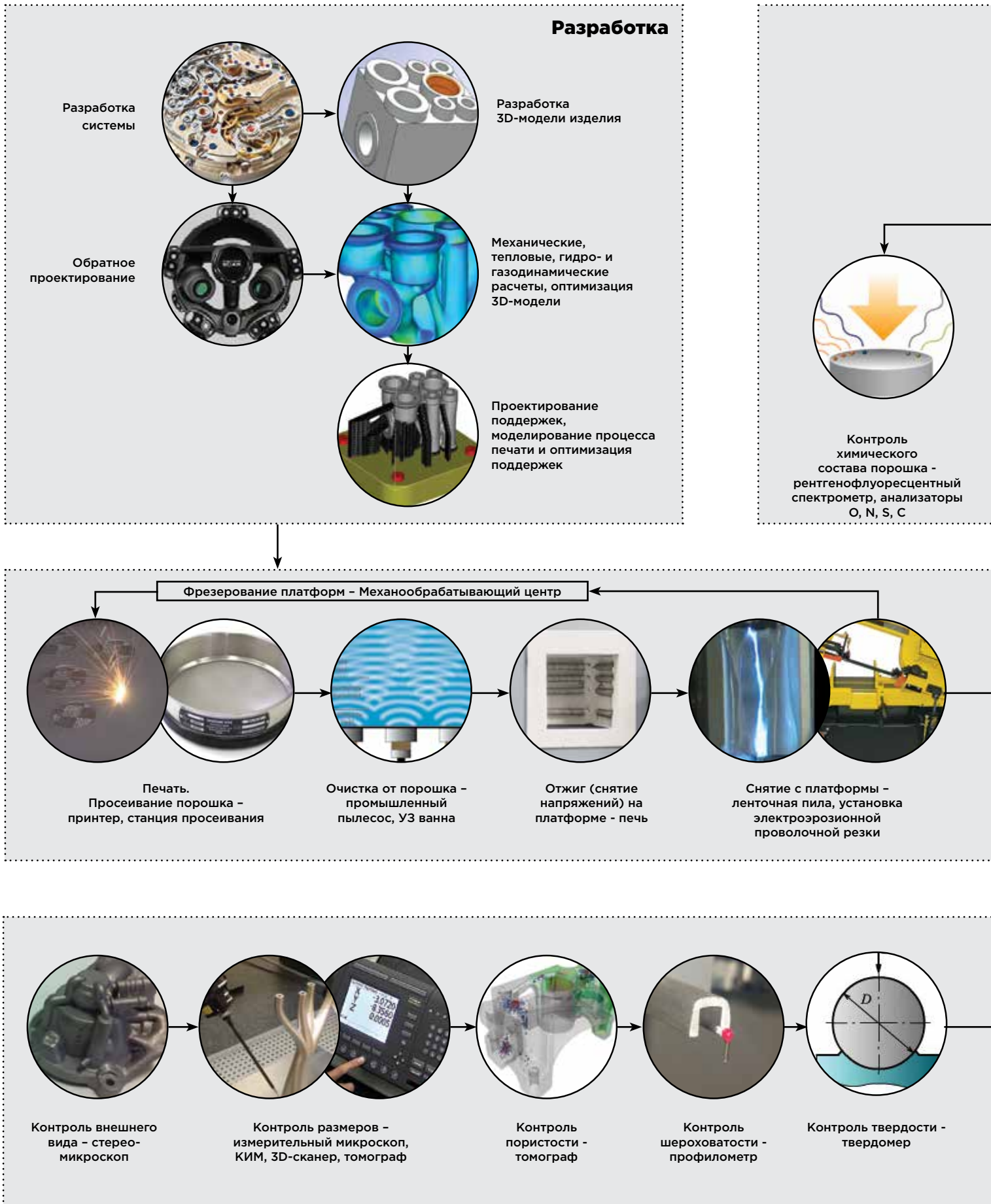
15 Оригинальный изношенный импеллер насоса системы пожаротушения атомной электростанции в Кршко, Словения **A**; напечатанный импеллер **B**. Источник: Siemens



16 Носовой обтекатель **A** самого быстрого сверхзвукового автомобиля Bloodhound SSC **B**, компоненты гидравлической системы **C** гоночной яхты Landrover BAR **D**. Источник: Renishaw

пользуется установка электроэрозионной проволочной резки или ленточная пила. При повышенных требованиях к прочностным характеристикам изделий они могут обрабатываться высокой температурой и давлением (газостатированию), устраняющими внутренние дефекты, такие как поры и трещины. Затем детали подвергаются механической (сверление/расверливание отверстий, нарезание резьбы) и финишной термообработке (например, старению, азотированию) для придания необходимых свойств.

Контроль и испытания изделий и тестовых образцов. В общем случае на этом этапе может выполняться контроль внешнего вида и геометрических размеров изделий, плотности и пористости, твердости, шероховатости, химического и фазового состава, а также механические и климатические испытания в объеме, определяемом требованиями по стойкости изделий к внешним воздействующим факторам.

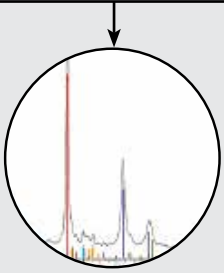


17

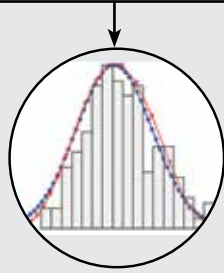
Укрупненная схема процесса, включая разработку, входной контроль материалов, печать и постобработку, контроль и перечень испытаний. Конечно, виды и последовательность операций зависят от конструкции изделия и требований к нему, материала, серийности и других факторов

Входной контроль материалов

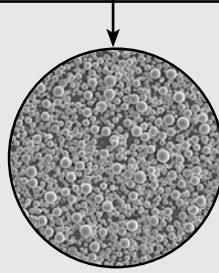
Металлопорошковая композиция (порошок)



Контроль фазового состава - рентгеновский дифрактометр



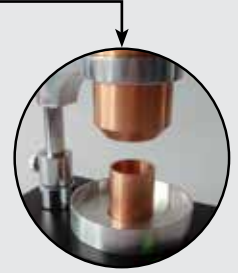
Контроль фракционного состава - лазерный анализатор размера частиц



Контроль морфологии - электронный микроскоп

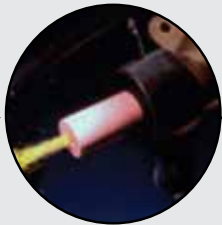


Контроль насыпной плотности - волюметр Скотта

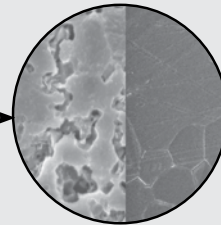


Контроль сыпучести - прибор Холла

Печать и постобработка



Пескоструйная обработка



Горячее изостатическое прессование (HIP) - газостат



Точное фрезерование, сверление отверстий, нарезание резьб - механообрабатывающий центр



Финишная механообработка - оборудование для шлифования, полирования, галтовки, гидроабразивной обработки



Финишная термообработка - печи

Контроль и испытания изделий и образцов



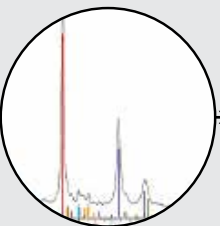
Контроль плотности - плотномер



Комбинированные испытания (климатические и механические)



Контроль химического состава - рентгено-флуоресцентный спектрометр, анализаторы O, N, S, C



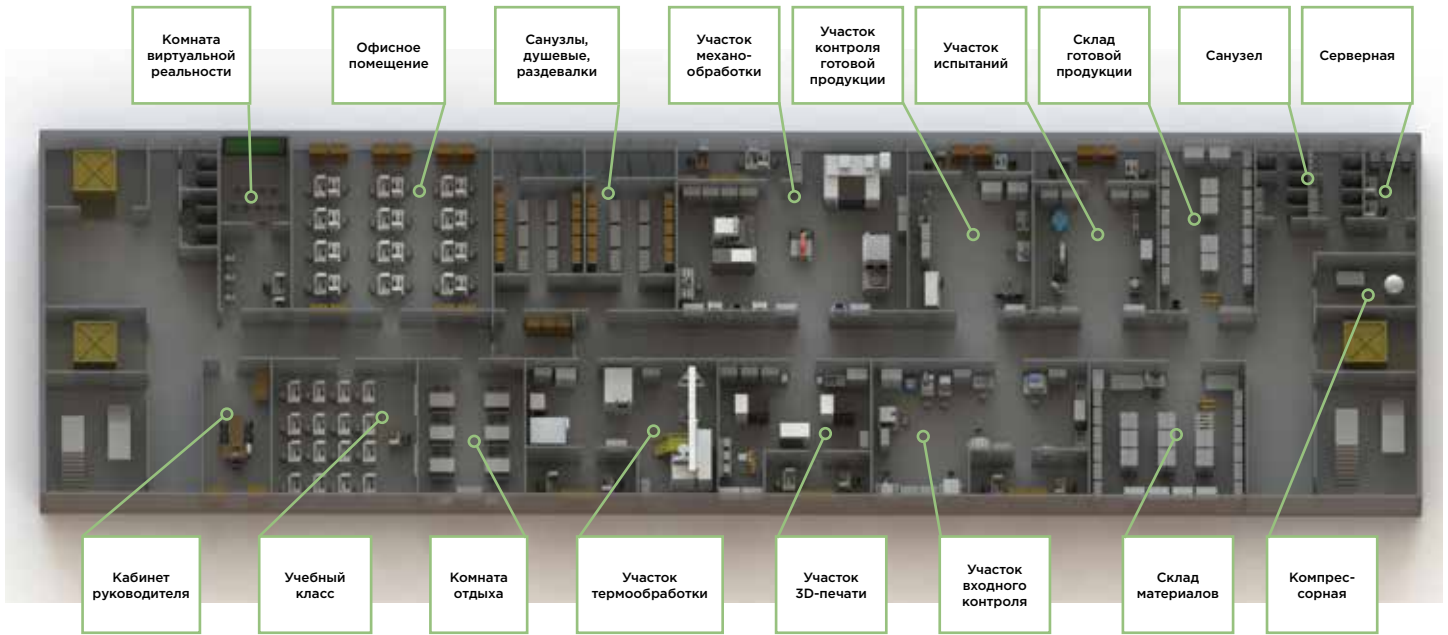
Контроль фазового состава - рентгеновский дифрактометр



Испытания на разрыв - универсальная испытательная машина



Испытания на ударную вязкость - маятниковый копер



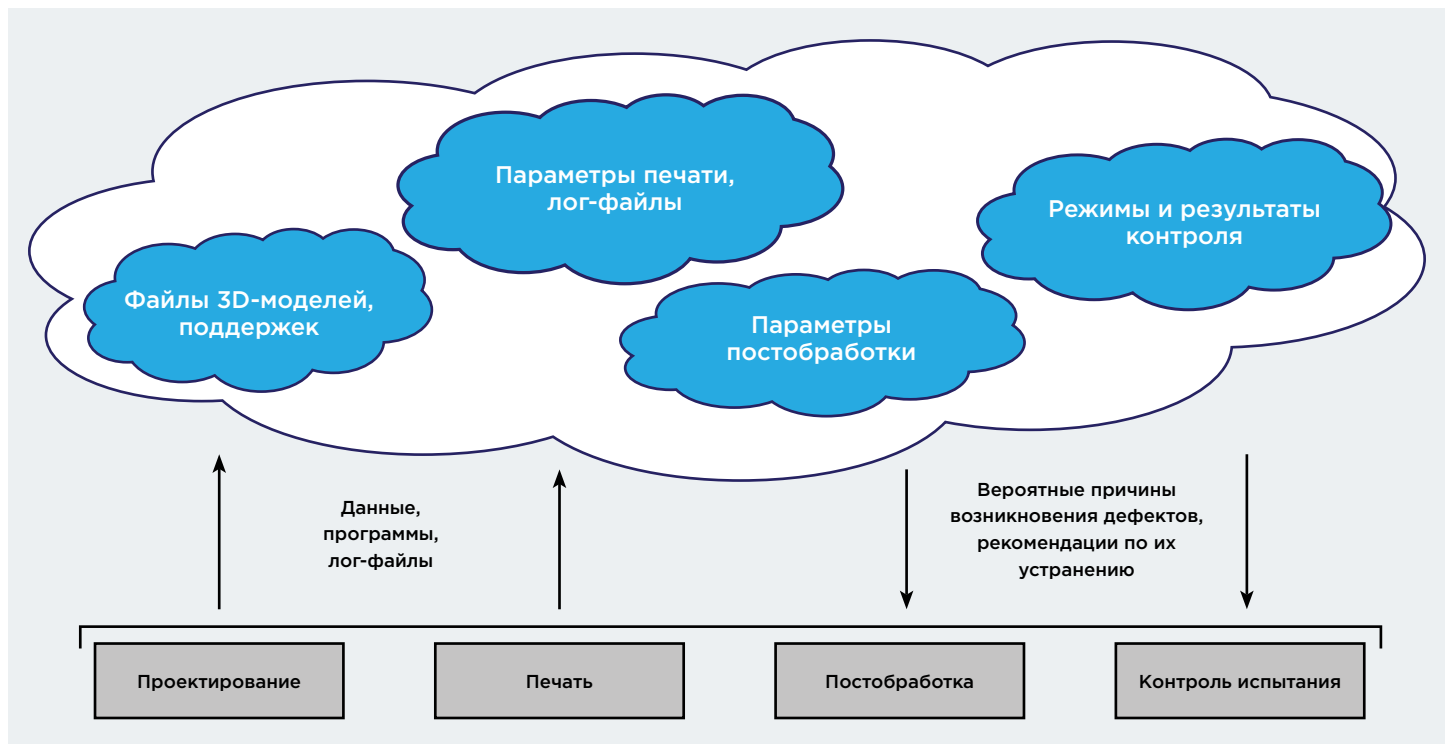
18

Планировка

Интегрированная программно-аппаратная среда

Полноценное внедрение цифрового производства, помимо непосредственно цифровых технологий, потребует создания интегрированной программно-аппаратной среды. С одной стороны, это обеспечит прослеживаемость и хранение файлов моделей со всех итераций проектирования, результатов механических, тепловых,

газо- и гидродинамических расчетов конструкций, программ и лог-файлов оборудования, программ, методик и протоколов испытаний. С другой стороны, экспертная подсистема при возникновении дефектов поможет выявить их вероятные причины и выдаст рекомендуемые корректирующие действия по их устранению.



19

Схема интегрированной аппаратно-программной среды

ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ

Для углубленного освоения цифровых технологий на базе ООО «Остек-СМТ» создан и активно работает центр развития технологий, специализирующийся на цифровых технологиях контроля и аддитивных технологиях производства. Компетенции сотрудников центра в области цифровых технологий и смежных областях:

- многолетний опыт и экспертные знания по компьютерной томографии, моделированию, 3D-сканированию и печати;
- собственные производственные мощности по аддитивным технологиям;
- три системы рентгеновской компьютерной томографии General Electric и вспомогательное оборудование;
- опыт выполнения НИОКР, в том числе связанных с аддитивными технологиями.

ЦТК — профессиональная площадка для отраслевых мероприятий с возможностью проведения прикладных мастер-классов и исследований на современном оборудовании. В частности, на базе центра осуществляется:

- проведение научных исследований для ведущих российских институтов, прикладных исследований по заказу предприятий, а также пробных исследований изделий;
- реализация программ повышения квалификаций для специалистов;
- организация специализированных обучений для предприятий.



Рентгеновские компьютерные томографы v|tome|x c450 и m300



3D-принтер VX500

Цифровые технологии производства изделий из металлов уже доказали свою состоятельность, для ряда отраслей промышленности это было проиллюстрировано на примерах в статье. Полноценное внедрение цифровых технологий не ограничивается одним 3D-принтером, а требует организации всей технологической цепочки, включая перепроектирование изделий под аддитивные технологии, входной контроль порошков, постобработку, контроль и испытания изделий. Мы приглашаем вас к «дегустации» цифровых технологий в центре развития технологий ГК Остек и их совместному внедрению на ваших предприятиях. ▣

Небережливое производство



Текст: **Андрей Шкодин**

В последнее время термин «бережливое производство» стал сверхпопулярным, а специалисты консалтинговых компаний, практикующие данный подход, — сверхвостребованными и хорошо оплачиваемыми. Концепция бережливого производства преподносится как единственное спасение нашей промышленности и самый верный путь выхода из кризиса. Так ли это на самом деле? Действительно ли японцы придумали уникальную систему организации производства, или мы просто хотим верить в чудо?

Термин «Lean Manufacturing» на самом деле не имеет отношения ни к Японии, ни к компании «Тойота». Появился он в 80-е годы прошлого века благодаря американцам, которые решили проанализировать опыт японских компаний, в первую очередь, «Тойоты», на предмет организации производства. На самой «Тойоте» никогда не пользовались таким определением, на заводах компании действует Производственная Система Тойоты (Toyota Production System — TPS).

Интерес к TPS в начале 80-х годов проявил, как ни странно, концерн General Motors (GM). Качество производимых GM автомобилей снижалось из года в год, что влияло и на объем продаж. «Тойота» же нуждалась в партнере в США, потому что, глядя на успехи японских компаний на рынке США, конгресс ввел ограничения на импорт японских автомобилей. Совершенно

естественно, что «Тойота» хотела организовать производство автомобилей в США, при этом понимая, что предстоит работать с американскими рабочими, основной объем деталей будет поставляться из Японии, и непонятно, как заработает производственная система не в домашних условиях.

Концерн GM на тот момент имел массу производственных проблем, вытекающих из взаимоотношений рабочих с управляющим персоналом. Большим влиянием обладали профсоюзы, ведущие нескончаемые войны с менеджментом. Рабочие писали жалобы по любому поводу, а профсоюз их поддерживал, при этом времени на написание жалоб тратилось столько, что работать было некогда, постоянные забастовки приводили к тому, что и работать, порой, было некому. Всё это сказывалось на трудовой дисциплине и служило основной причиной ухудшения качества сборки автомобилей. Самая тяжелая ситуация сложилась на заводе во Фримонте, и в 1982 году GM принял решение закрыть завод. Именно на базе этого завода GM и Toyota открыли совместное предприятие **рис 1**, получившее название New United Motor Manufacturing Inc. (NUMMI).

Основное различие в производстве автомобилей GM и Toyota состояло в том, что концерн GM (с подачи, кстати, Генри Форда) придерживался принципа непрерывного конвейера, то есть самое главное — это



1
Завод NUMMI во Фримонте, США

выкатить машину за ворота цеха, а уже потом можно исправить все недостатки. Подобная практика привела к тому, что рабочие совсем перестали обращать внимание на то, что движется по конвейеру. На том же заводе во Фримонте с конвейера могла выйти машина без руля или тормоз с кузовными элементами другой машины. Принцип работы «Тойоты» был прямо противоположный. Любой рабочий при обнаружении проблемы мог остановить конвейер, а проблема должна была быть устранена на месте обнаружения. Еще один важный элемент — приверженность командной работе, когда в устранении проблемы участвуют все, так как время простоя влияет на выработку каждого рабочего.

Рабочие, принятые обратно на завод, прошли стажировку на заводе Toyota, и открывшийся в 1984 году завод NUMMI с американскими рабочими начал работать по японской производственной системе TPS. При этом результат удалось получить сразу: качество автомобилей, выпускаемых NUMMI, существенно отличалось от качества автомобилей, производимых на других заводах GM.

Руководство GM решило перенести опыт NUMMI и на другие свои заводы, однако положительного результата получить не удалось. И на это было несколько причин:

- Качество деталей. На NUMMI использовались детали, производимые в Японии, а на других заводах GM — производимые дочерними компаниями или поставщиками из США, их качество оставляло желать лучшего.
- Отсутствие планомерного внедрения — хотели все и сразу. В итоге новую производственную систему не приняли не только рабочие, но и менеджмент.
- Сложившаяся на заводах модель управления не применяла принципы командной работы. Со стороны менеджмента наблюдался откровенный саботаж из-за риска потерять власть.
- Культура производства. Если при остановке конвейера на заводе Toyota все стремились быстро решить возникшую проблему, то в такой же ситуации на заводе GM рабочий, остановивший конвейер, получал в свой адрес поток недовольства.

В итоге попытка перенять опыт NUMMI потерпела провал. Потом, уже в 2000-е года, концерн GM разработал свою адаптированную производственную модель — Global manufacturing system, основанную на японских принципах, и планомерно стал внедрять её на своих заводах — качество автомобилей повысилось. GM потребовалось 15 лет, чтобы осознать опыт NUMMI, и еще 10, чтобы внедрить то, чему научились. Всё это время NUMMI продолжал делать

автомобили — в среднем 6000 в неделю, в две смены. Toyota получила то, что хотела. Через год после запуска NUMMI Toyota начала открывать заводы в США, используя полученный опыт. История NUMMI завершилась после банкротства GM — в 2010 году компания Toyota решила закрыть завод. Затем он был продан компании Tesla, которая сейчас собирает на нем свои электромобили.

Опыт компании очень поучителен, но вернемся к бережливому производству в том виде, в котором его преподносят.

Начнем с термина «бережливое производство». Своим появлением он обязан Джону Крафчику, профессору Массачусетского института, который впервые использовал его в 1988 году в своей статье «Триумф бережливого производства». Интерпретация слова «Lean» в «бережливое» — искусственна и придумана намеренно. Согласитесь, что «бережливое производство» звучит намного благозвучнее «бедного» или «худого» (а то и «тощего») производства. Именно таковы классические варианты перевода слова «Lean» с английского языка на русский.

Логика использования «Lean» применительно к производству на самом деле проста и подразумевает экономичное производство. Подумаем, неужели никто и никогда, кроме японцев, при проектировании и запуске или при управлении производством не задавался вопросом экономики? Вся суть производства сводится именно к этому: стоимость, затраченная на содержание ресурсов, должна быть ниже стоимости производимого продукта. Что же нового и уникального в этой концепции? Хотя назвать бережливое производство концепцией было бы, наверное, не совсем правильно. По большей части это прикладные инструменты производственной системы «Тойота», реализованные на заводах компании, основные из них:

- 5С — система рациональной организации рабочего места.
- Кайдзен — система постоянных улучшений.
- Муда — система минимизации потерь.
- Канбан — система организации производства и снабжения по принципу «точно в срок».
- ТРМ — всеобщий уход за оборудованием.

Начнем по порядку — с системы 5С, которая включает:

- Сортировку. Отделение нужных предметов (инструменты, детали, материалы, документы) от ненужных с удалением последних.
- Рациональное расположение. Размещение каждого предмета на своем месте.
- Уборку. Поддержание чистоты и порядка.
- Стандартизацию. Соблюдение аккуратности за счет регулярного выполнения первых трех пунктов.
- Совершенствование. Привычка соблюдать и совершенствовать установленные процедуры.

На рис. 2 представлены рекомендации Центрального Института Труда по организации рабочего места

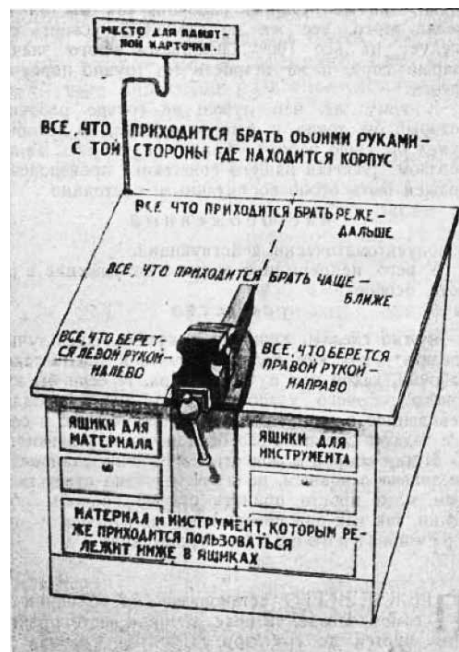
в 1924 году. Созданный в 20-е годы прошлого века институт под руководством А. К. Гастева занимался развитием идеи научной организации труда, исследованием трудовых процессов, их совершенствованием и внедрением новшеств на производственные предприятия СССР. Как видно, в системе 5С нет ничего нового и особенного.

В целом, в начале 20-го века вопросами совершенствования производства и повышением производительности труда активно занимались в разных странах. Все знают про Г. Форда и придуманное им конвейерное производство. Однако не стоит забывать, что в это же время появились труды Ф. У. Тейлора, который считается основоположником научной организации труда. Свои взгляды он изложил в 1911 году в книге «Принципы научного менеджмента». Тогда же выходят в свет работы Ф. Гилберта и Г. Ганта (всем известная «диаграмма Ганта»). То есть основы бережливого производства зарождаются в начале века.

Следующий инструмент — **Кайдзен**: японская философия или практика, которая фокусируется на непрерывном совершенствовании процессов производства, разработки вспомогательных бизнес-процессов и управления, а также всех аспектов жизни.

В ранг успешных практик эту философию возвел Масааки Имаи. Кайдзен подразумевает:

- создание системы подачи кайдзен-предложений: предложения по улучшению производственного или вспомогательного процесса;
- проведение регулярных кайдзен-мероприятий: кружки качества, где обсуждаются предложения, планируется их реализация и т. д.



Снова вернемся в СССР. Система рационализаторства берет своё начало в 1932 году. Именно тогда многочисленные руководящие органы по изобретательству, действующие разрозненно в различных трестах, управлениях и т. п., были объединены во Всесоюзное общество изобретателей, позже переименованное во Всесоюзное общество изобретателей и рационализаторов (ВОИР), рис 3.

Изобретательство и рационализаторство в СССР было в почете рис 4. Рабочие, ИТР вносили предложения по усовершенствованию производственных процессов, доработке узлов, агрегатов. В 60-х годах ряд единомышленников создал методику «ТРИЗ» — Теория решения изобретательских задач, которая получила мировое научное признание. Теория предусматривала развитие и воспитание коллективного творчества, то есть командную работу. Как видим, опять ничего нового.

Следующий инструмент с не очень благозвучным для русского человека названием — **Муда**.

Тайити Оно, основоположник производственной системы «Тойота», определил семь основных типов потерь:

1. Потери из-за перепроизводства.
2. Потери времени из-за ожидания.
3. Потери при ненужной транспортировке.
4. Потери из-за лишних этапов обработки.
5. Потери из-за лишних запасов.
6. Потери из-за ненужных перемещений.
7. Потери из-за выпуска дефектной продукции.

А теперь откроем книгу Санкина Давида Иосифовича «Планирование на промышленном предприятии» (издание 1965 года), в которой перечислены следующие резервы предприятия:

1. Резервы экономии рабочего времени:
 - сокращение трудоемкости изделий;
 - улучшение использования фонда рабочего времени;
 - улучшение состава работающих (повышение удельного веса основных рабочих).
2. Резервы использования средств труда (оборудование, площади и т. д.):
 - увеличение выпуска продукции с единицы оборудования;
 - повышение сменности работы;
 - увеличение фонда времени работы оборудования;
 - ввод в действие неустановленного оборудования.
3. Резервы экономии предметов труда (сырья, материалов и др.):
 - снижение затрат ресурсов;
 - сокращение транспортно-заготовительных расходов.
4. Общепроизводственные резервы:
 - сокращение длительности производственного цикла;



3 Значок ВОИР, СССР, 50-е годы прошлого столетия



4 Агитационный плакат СССР, 1961 год

- снижение до норматива незавершенного производства.
5. Резервы повышения качества продукции:
 - повышение долговечности, надежности и других потребительских свойств выпускаемой продукции.
 6. Непроизводственные резервы:
 - устранение штрафов, пени, неустоек;
 - сокращение расходов по сбыту продукции.

Налицо практически идентичное сходство формулировок Тайити Оно и Д. И. Санкина. Кстати, упомянутая книга, забытая в России, была переведена на многие языки и даже сейчас пользуется спросом в странах Азии.

Однако ни одним, ни другим автором не упоминается ещё один вид потерь, который рассматривается как основной в трудах Элияху Голдратта, автора теории

ограничений системы (ТОС). Это управленческое время, т. е. время, затраченное менеджментом на решение тех или иных задач. Фокус нужно направлять на конкретные проблемы и на достигаемые результаты от этих решений. Голдратт предлагает выделять самые значимые ограничения, не позволяющие достигать результата (или влияющие на него), и фокусировать свое внимание именно на этом. Используя такую методологию применительно к бережливому производству, можно сказать, что очень часто менеджмент компании тратит слишком много времени, сил и средств на внедрение этих инструментов. При этом реальным проблемам внимание не уделяется.

Следующий инструмент — **Канбан**, который предполагает нормирование операций и количества используемых материалов.

Собственно, это основные принципы плановой экономики. Во времена СССР существовал даже целый Научно-исследовательский институт планирования и нормативов при Госплане СССР (образован в 1960-е годы), выпустивший десятки научных трудов. Учеными института была разработана, например, «Теория управления запасами и оборотными средствами» и «Нормативный метод управления запасами». В Производственной Системе «Тойоты» за основу взят логистический метод управления запасами, повсеместно применяемый в зарубежных компаниях. Иными словами, вновь ничего нового и необычного.

Система **ТРМ** относится к системам обслуживания оборудования по его реальному состоянию. Ее существенное отличие от системы ППР (действующей в СССР) заключается в том, что в ППР для определения объекта, сроков и объемов работ по обслуживанию необходима наработка оборудования. В ТРМ определение сроков и объемов работ происходит по фактическому состоянию оборудования (за исключением работ по техническому обслуживанию).

На текущий момент нельзя сказать, что система обслуживания оборудования ТРМ является самой прогрессивной. Большинство современных предприятий использует систему обслуживания, ориентированную на надежность и оценку рисков. Важная особенность, которую стоит отметить: в СССР производство в основном было ориентировано на нужды ВПК, изначально не подразумевалось никакой ориентации на потребителя в отличие от принципов бережливого производства.

Очевидно, что Тайити Оно не придумывал ничего нового. Он взял всё лучшее, что было (теории, практики, опыт), адаптировал под конкретные цели и внедрил на производство.

Конечно, никто не говорит, что бережливое производство — это плохо, но на каждом предприятии должна быть своя система. Исследование и применение

лучших практик необходимо, но ни одна концепция не подразумевает чуда в виде сиюминутного результата при отсутствии целенаправленных действий. И совсем не факт, что если где-то это работает, то точно так же будет работать и в другом месте.

Если вернуться к показательному примеру сотрудничества Тойоты и GM, мы увидим, что даже перенос производственной системы с одного предприятия на другое, аналогичное по своему функционалу, — не так уж и прост. Более того, концепцию бережливого производства используют менее 20 % японских производств, а предприятия, не использующие инструменты бережливого производства, также достигают высоких финансовых и производственных результатов.

Многие предприятия являются участниками системы менеджмента качества (СМК) — постоянное улучшение качества продукции и снижение затрат на обеспечение качества посредством использования цикла Шухарта–Деминга **рис 5**, состоящего из планирования, действия, анализа, корректировки. Это подразумевает наличие на предприятиях методологической базы стандартов, описывающих все сферы деятельности, постоянный Кайдзен и т. д. Напомним, что Эдвард Деминг много и плодотворно работал в Японии, консультируя как отдельные компании, так и правительство на предмет организации управления производством.

Таким образом, одни и те же идеи взяты за основу как в производственных системах на предприятиях Японии, так и на наших предприятиях-участниках СМК. Однако у нас система в действии не дает необходимый результат. Так почему же, если не работает одна система, должна заработать другая? Почему действующая японская модель управления (будь то бережливое производство или другое) позволяет выпускать качественную высокотехнологичную продукцию на предприятиях, показывая при этом высокие показатели производительности труда, а у нас в стране, где имелась сильная научная фундаментальная база, производственная система не может обеспечить результаты (например, производительность труда), сопоставимые с показателями тех же самых японских компаний?

Проблемы были и есть, их много. О них много говорили на заседании Научно-методического семинара Аналитического управления Аппарата Совета Федерации 7 июня 2016, Аналитический Вестник Совета Федерации № 26 (628). Но я бы хотел остановиться на одной из них, о которой говорил президент В. В. Путин во время Послания Федеральному собранию в 2012 г.: «Перспективы будут зависеть от воли нации, как говорил Лев Гумилев, от пассионарности народа».

Японскую систему управления можно рассматривать как синтез импортированных идей и культурных традиций. В используемых в Японии методах организации



5
Цикл Шухарта-Деминга

управленческой деятельности в условиях научно-технического прогресса тесно переплетаются традиционные, национальные и современные формы организации труда. Чтобы понять особенности утвердившихся здесь форм совместной деятельности, необходимо обратиться не только к общим принципам управления, к закономерностям развития крупного общественного производства и научно-технического прогресса, но и к историко-культурным и этническим истокам, наложившим существенный отпечаток на характер и формы организационной управленческой деятельности. Применительно к различным видам работ в самой среде работающих здесь людей сложилось предпочтение групповых ценностей перед индивидуальными; отождествление интересов индивидуума с интересами группы; предпочтение гармонии и компромисса перед разрешением противоречий через конфликт; принцип самосовершенствования и долга; почтение к старшим; необходимость трудиться с полной отдачей сил и способностей. Эта самая пассионарность изначально присутствует в культуре и является частью национального менталитета. Более того, исторической предпосылкой послужило общесоветское движение «за отсутствие недостатков», по сути — национальная идея. Это движение оказало существенное влияние не только на качество товаров, но и на осознание ответственности каждым рабочим за качество выполненной работы, развивая чувство самоконтроля.

Если посмотреть на темпы развития промышленности в СССР, то самый большой рост (на основе показателя производительности труда) был в послевоенные годы и продолжался до конца 60-х годов прошлого века. В тот период был отмечен небывалый уровень пассионарно-

сти: победа в ВОВ, первый полет в космос, ещё немного — и будет одержана победа в борьбе с империализмом. Однако успехи страны не привели к существенным изменениям в жизни каждого гражданина, и эта самая пассионарность сошла на нет.

Подведем итоги всего вышеизложенного:

- Инструменты бережливого производства не являются уникальными, большинство из них в том или ином виде существовали и существуют на предприятиях.
- Прямой перенос инструментов бережливого производства без адаптации их под конкретное производство, конкретные задачи — невозможен. Необходимо планомерно совершенствовать существующую производственную систему, используя лучшие практики и опыт передовых предприятий.
- Действия менеджмента должны быть направлены на решение конкретных проблем и задач. Внедрение бережливого производства или других нововведений не должно быть самоцелью. Основная цель — достижение соответствующих производственных и экономических показателей.
- Необходима стратегическая цель, задача, к достижению которой стремились бы все сотрудники предприятия. При этом необходимо понимать, как достижение этой цели повлияет на каждого конкретного сотрудника, как изменятся его условия труда, как изменится его благосостояние. ▣

Психология измерений



Текст: **Андрей Насонов**

»

Психология измерений — что это, парадоксальная игра слов или шутка? Вовсе нет. Это наиболее точное определение причин низкого качества выпускаемой продукции и неудовлетворительных темпов технологического развития. Что имеется в виду? Какие бы современные технологии мы не использовали, основной производительной силой все равно будет оставаться человек. Именно он принимает решение о том, что нужно делать, а без чего можно обойтись. Человеку свойственно двигаться к цели наиболее быстрым и легким путем, то есть минимизировать затраты. Это происходит инстинктивно, потому что заложено в нашу психологию на генетическом уровне. Нам хочется победить как можно быстрее и легче. Казалось бы, в чем проблема, если цель достигнута?

А проблема в том, что именно считать целью. Инстинктивно, чтобы облегчить достижение положительного результата, человек упрощает цель. То есть чтобы стимулировать выработку гормона счастья дофамина, можно доказать теорему Пуанкаре, а можно просто в домино выиграть.

Рассмотрим, как это работает в промышленности. Например, есть задача разработать и освоить в производстве новое технически сложное изделие электронной техники. Первый этап — разработка и согласование технического задания (ТЗ). Не важно, кто его разрабатывает, все равно согласовывать его между собой будут заказчик и исполнитель. Важно — на что нацелены согласующие стороны.

Целью заказчика в общем случае является получение изделия наилучшего качества за наименьшие деньги. Желание само по себе уже противоречиво. Хуже всего, что заказчик обычно не обладает знаниями, позволяющими оценить реальную сложность задачи, именно по этой причине ТЗ в большинстве случаев составляет исполнитель. Исполнитель заинтересован получить заказ, а значит, постарается заказчика излишне не пугать, особенно, когда есть конкуренты. К тому же ТЗ подписывает, как правило, разработчик изделия, и не факт, что он будет задумываться обо всех проблемах, которые возникнут на стадии производства. То есть такие понятия как тестопригодность изделия, соответствие конструкции имеющемуся технологическому оборудованию и прочие якобы мелочи не учитываются.

Можно возразить, что в ТЗ есть пункты, определяющие уровень надежности и качества изделия. Зачем еще что-то? Разработчик сам решит, что необходимо для выполнения ТЗ. Вполне возможно, что решит, но только на опытных образцах, которые сам настроит и проверит. А что будет при запуске в серийное производство — неизвестно. Там другой уровень квалификации регулировщиков, а настраивать изделие так же долго, как опытный образец, — совершенно недопустимо. В момент согласования ТЗ и заказчик, и исполнитель если и понимают все возможные проблемы, то не спешат задуматься о них. Работает классический подход «я подумаю об этом завтра». А завтра будет уже поздно и даже не по времени, а по затратам. Стоимость необходимого оборудования для тестирования и измерений, как правило, весьма значительна. И если это не учесть при подписании ТЗ, начнутся рассуждения на тему «как сделать попроще». И делают проще, превра-



1

Адаптерное устройство для компонентов 1206 ЛДПА.441532.008

щая этап запуска в производство в длительную и весьма нервную эпопею. Зато сколько положительных эмоций, когда получилось. Правда, с дополнительными затратами, в том числе временными.

По факту же — сами создали себе проблему и «героически» её решили. Почему так жестко? А потому, что отдельного этапа освоения в производстве не должно быть вообще. В ТЗ для разработчика должно быть сразу предписано все, что нужно, чтобы он выдал не просто комплект КД, а абсолютно все необходимое для производства: весь техпроцесс, все оборудование и оснастку для тестирования, все программы для автоматов, все инструкции, маршруты и т. д. Понятно, что, разрабатывая изделие на таких условиях, он учтет в конструкции технологические особенности производства и требования по тестопригодности, и не надо будет ничего дорабатывать. Предвижу возражение: это что же получается, конструктор должен отвечать за все? Вообще-то, да. Это не значит, что он должен все сам сделать, нет, но именно он должен обо всем подумать, подключить необходимых соисполнителей и определить размер необходимых ресурсов. И тут может выясниться, что трудоемкость разработки приборов и оснастки, необходимых для организации производства и испытаний, превышает трудоемкость разработки самого изделия. Именно разработка. Одна из широко распространённых иллюзий — что все можно купить стандартное, без доработки или дооснащения.



2
Измеритель параметров ферромагнитных сердечников тороидальной формы типа Ш1-23 ЛДПА.411174.001ТУ

Например, необходимо организовать входной контроль SMD-компонентов резисторов. Имеется омметр с подходящими характеристиками. А как подключаться? Необходим адаптер. Это уже не совсем стандартное оборудование. Не может быть, чтобы такая простая задача превратилась в большую проблему! Но на практике — может. На рынке нельзя найти ничего готового, что можно было бы использовать в производственных условиях, и, самое главное, чтобы это было метрологически состоятельно. Необходимо кельвиновское четырёхконтактное подключение, а доступны только разнообразные приспособления от различных приборов. Но они двухконтактные и, следовательно, вносят погрешность при измерении. И это, строго говоря, лабораторные приспособления, а никак не промышленное оборудование.

И адаптерные устройства пришлось разрабатывать в России **рис 1**. Типов корпусов у компонентов много, а значит и адаптеров будет большое количество. Но ведь речь идет об использовании оборудования на производственном предприятии, значит необходимы не омметр с адаптерами, а полноценное рабочее место входного контроля. И это не только стол, стул и приборы, это инструкции и методики и метрологическая аттестация.

При организации входного контроля или, как правильнее говорить, верификации закупленной продукции (ГОСТ 24297-2013) могут возникать совершенно неожиданные проблемы, связанные с отсутствием оборудования.

Например, необходимо организовать входной контроль ферритовых колец. В ТУ на эти изделия имеется методика, которая предусматривает следующую последовательность действий: на кольцо наматывается пробная катушка, обычно 10 витков; затем проводится измерение ее индуктивности; и по известной формуле, учитывающей размеры кольца, — расчет величины начальной магнитной проницаемости. Весьма значительный и трудоемкий процесс. А можно использовать специализированный прибор Ш1-23, российское изделие, не имеющее иностранных аналогов **рис 2**. Кольцо надо

надеть на стержень магнитного датчика и считать значение начальной магнитной проницаемости с экрана.

Многие думают: вот начнут возникать проблемы с комплектующими, тогда и будем решать, зачем заранее об этом думать, тратить время и силы? Психологически такая точка зрения понятна — это та же минимизация усилий. Это все равно, что, садясь в лодку, не думать о спасательном жилете. А зачем? Начнем тонуть — подумаем. С входным контролем ситуация еще хуже. Особенно если учесть, что лодки все-таки не часто переворачиваются, а контрафакт и брак есть всегда.

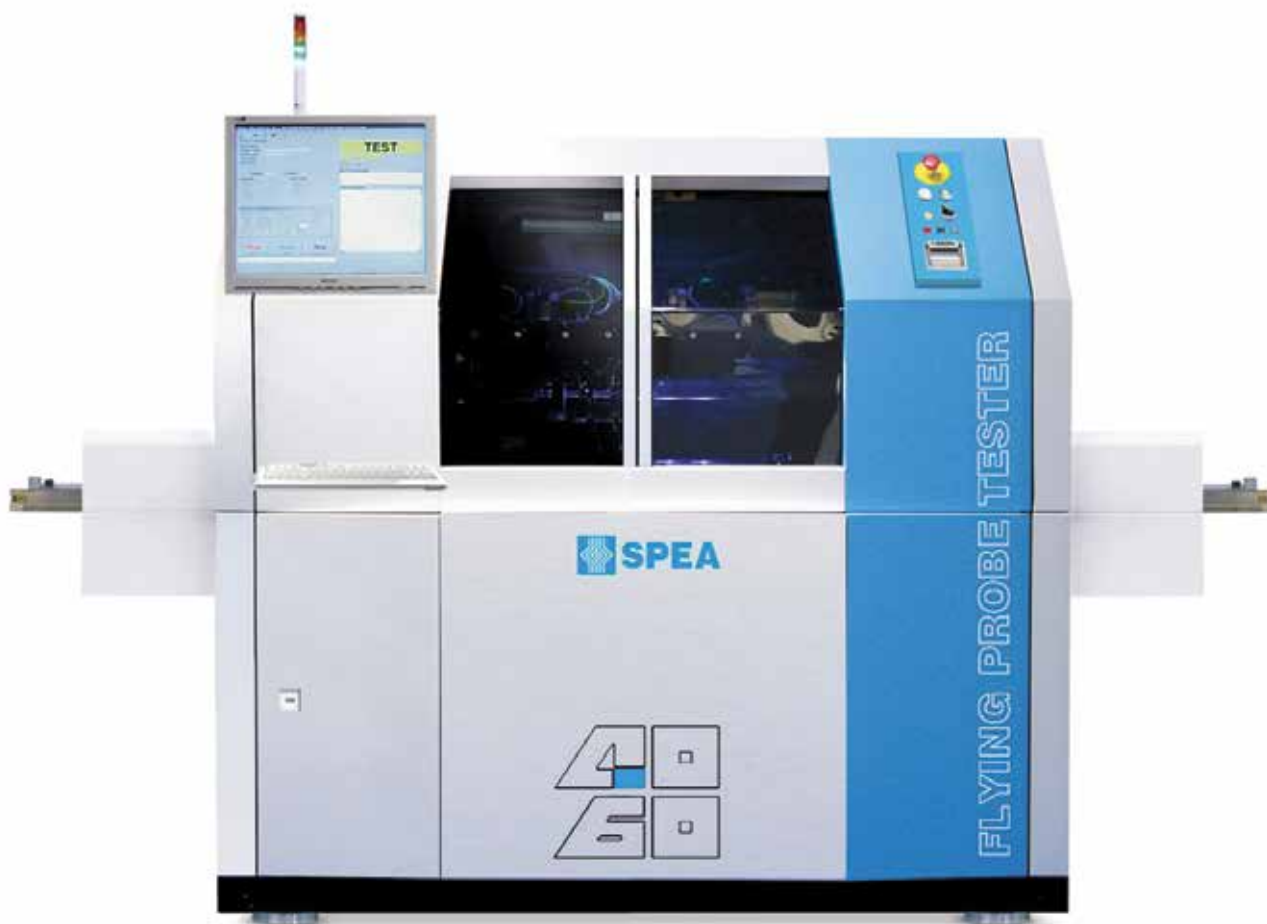
То же самое наблюдается и при подготовке оборудования для настройки и испытаний изделия. Даже если состав необходимых средств измерений определен, далеко не всегда задумываются о том, как подключатся к изделию. А ведь для этого многое необходимо сделать еще при проектировании.

Наиболее наглядный пример — когда на плате изделия имеются компоненты, поддерживающие технологию тестирования JTAG, но соответствующие выводы микросхем на плате не доступны, что делает невозможным использование технологии при производстве изделия. После уже ничего нельзя будет сделать, только заново проектировать плату. Придется использовать другие технологии, которые на два порядка дороже, чем JTAG. А всего-то надо было в ТЗ обозначить требования к оборудованию для тестирования.

Разумеется, возникает вопрос: а что же делать, если подобный подход к делу в принципе соответствует нормальной психологии человека? Существует только один вариант. Если человек стремится максимально облегчить путь к поставленной цели, то надо обозначать цель по-другому. Например, на предприятии осваивается новое изделие. Цель понятна: разработать и изготовить, получить прибыль. Многие так и поступают. С точки зрения рядового исполнителя цель обычно видна, это нормальный тактический подход. Но должен быть еще и подход стратегический. С этой точки зрения каждое новое изделие должно способствовать развитию предприятия. Должны появляться новые технологии и оборудование. Это вопрос руководства предприятия, и здесь существует масса механизмов управления, которыми надо воспользоваться. Например, чтобы в ТЗ появились конкретные пункты, предписывающие провести ряд работ для обеспечения последующего производства, необходимо издать соответствующий стандарт предприятия и добиться его выполнения.

Разумеется, на стратегическом уровне принятия решений определяется, какие технологии необходимо осваивать для обеспечения развития предприятия. Конечно, технологическое оборудование для внутрисхемного тестирования **рис 3** весьма недешево.

Без этой технологии добиться приемлемого на современном уровне качества выпускаемой продукции практически невозможно. Однако ничего не изменится,



3

Тестер с летающими пробниками SPEA4060

если просто приобрести оборудование. Эффективность его использования будет весьма незначительна. Необходимо обучить персонал и не только тех, кто будет на нем работать, но, прежде всего, разработчиков и технологов. Только тогда начнут появляться новые разработки, конструкция которых в полной мере соответствует возможностям современных технологий. И опять же, чтобы не искушать соблазном не делать «лишнего», надо четко регламентировать использование технологии на уровне внутривзаводских стандартов.

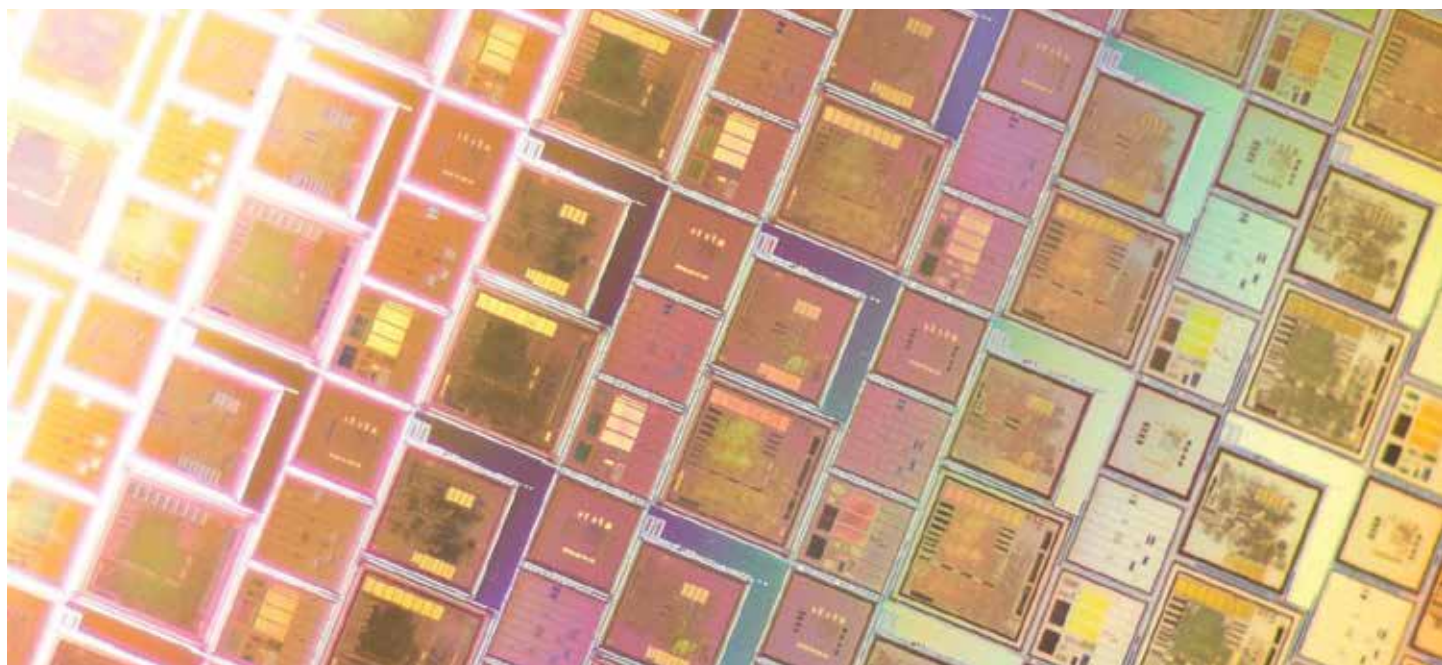
В процессе принятия решений об освоении новых изделий целесообразно привлекать специалистов инженеринговых компаний. Но не для того, чтобы они выполняли функции арбитра между заказчиком и исполнителем. Их основная роль — использовать свои знания о современных технологиях для помощи в выборе наиболее рациональных подходов, учитывающих положительный опыт других предприятий. ▮

Корпусирование многовыводных микромодулей в пластиковые корпуса с применением DAF

Текст: Владимир Мейлицев
Владимир Тюльпанов



Установка полупроводниковых кристаллов в корпуса микросхем, или корпусирование, — завершающая стадия микроэлектронного производства. Это многоэтапный сложный процесс, в котором задействовано разнообразное оборудование, часто весьма сложное и точное, и целый ряд материалов, многие из которых специально разработаны для различных операций технологического маршрута корпусирования. Как и в случае любого другого производства, рынок оборудования для корпусирования предлагает потребителю машины и целые технологические линейки разных классов, прежде всего по производительности — от лабораторных установок до машин для массового выпуска. Правильный выбор оборудования, а также материалов, подходящих для применения с ним и соответствующих требованиям конкретного производственного процесса, во многом определяет как технологический, так и коммерческий успех предприятия, занимающегося корпусированием микросхем.



В апреле текущего года в головном офисе ГК Остек прошел семинар «Технологические решения для корпусирования многовыводных микромодулей» — совместное мероприятие Остека и центра разработки и производства микроэлектронной продукции GS Nanotech.

GS Nanotech — это высокотехнологичный центр в составе единственного в России частного инновационного кластера «Технополис GS» (инвестиционный проект холдинга GS Group в г. Гусеве Калининградской обл.). Предприятие сертифицировано по стандарту ISO 9001:2015. Сегодня GS Nanotech — единственное в России предприятие, которое разрабатывает и массово производит многокристальные микропроцессоры по технологии SiP (System-in-Package, «система-в-корпусе») для потребительской электроники и рынков гражданского применения, в том числе на контрактной основе. Годовой объем производства — до 20 млн микросхем в пластиковых корпусах BGA, LGA, QFN. Технологическое оснащение предприятия позволяет проводить сборку микросхем по технологии Wire Bond (микросварка золотой или медной проволокой); в среднесрочной перспективе — освоение технологий flip-chip и WLP, а также сборка металлокерамических корпусов.

История компании начинается в 2011 году, когда был дан старт строительству предприятия. Первым практическим результатом стало начало выпуска

в 2012 г. модулей оперативной памяти по технологии WBGA. За прошедшее после этого время область компетенций предприятия значительно увеличилась, был проведен ряд модернизаций производства, направленных на расширение продуктовой линейки за счет все более сложных типов изделий. Освоен выпуск микромодулей по технологии SiP, объединяющих в себе несколько кристаллов разного функционального назначения, запущен участок подготовки кремниевых пластин, введено в эксплуатацию оборудование для разварки медной проволокой. В планах — выход на массовый контрактный выпуск многокристальных модулей, а также развитие производства микромодулей по технологии SiP, переход на корпусирование по технологии flip-chip.

Сегодня поставщиками компании являются признанные мировые лидеры в области производства материалов и комплектующих для микроэлектроники. Российских предприятий в числе поставщиков пока очень мало, но работа в направлении импортозамещения и импорто-независимости постоянно ведется. На производстве уже проводились испытания отечественных образцов молд-компаунда, планируется проведение испытаний золотой и медной проволоки от российского производителя.

Проведенный в апреле семинар стал своего рода подведением итогов большой совместной работы GS Nanotech и ГК Остек. Последняя, в частности, поставила значительную часть оборудования для линии по корпусирова-

нию микромодулей, а также приняла активное участие в ее наладке и подготовке персонала к работе на технологических установках, входящих в линию. В ходе работы был получен большой практический опыт, который и стал предметом рассмотрения на семинаре.

На примере линии по корпусированию микромодулей эксперты GS Nanotech и ГК Остек рассказали о современных технико-технологических решениях для сборки и корпусирования многовыводных микромодулей, особенностях работы со сверхтонкими кристаллами, рассмотрели отдельные, наиболее интересные детали освоенного технологического процесса. Особенностью семинара стало то, что впервые за многолетнюю историю Остека о тонкостях технологии, о работе оборудования по большей части рассказывал не поставщик оборудования, а его заказчик.

Данная статья представляет собой краткое изложение основных вопросов, рассмотренных на прошедшем семинаре; технология корпусирования микросхем изложена в том варианте, в котором она реализована на производстве GS Nanotech.

Обработка пластин — этап Pre-Assembly

Входным элементом для производственной линии по корпусированию микромодулей являются полупроводниковые пластины диаметром 200 и 300 мм. Процесс корпусирования состоит из нескольких этапов, каждый из которых включает ряд технологических операций. Обычная последовательность этапов выглядит следующим образом:

- резка пластины на отдельные кристаллы;
- монтаж кристаллов — установка их на подложки корпусов микросхем, микросборок;
- разварка выводов — соединение контактных площадок кристалла с контактными площадками подложки или корпуса;
- герметизация посредством формирования пластмассового корпуса либо приваркой крышки металлокерамического или металлоглазненного корпуса.

После каждого из этапов полученный полуфабрикат (а на выходе процесса — микросхема, микромодуль, микросборка) проходит процедуры контроля, соответствующие задачам этого этапа.

Для резки полупроводниковой пластины на кристаллы в настоящее время применяется целый ряд различных способов: резка алмазным диском с внешней режущей кромкой, резка проволокой с применением абразива, ультразвуковая и плазменная резка, скрайбирование алмазным резцом, либо лазером, либо электронным лучом с последующим разламыванием. Выбор конкретного способа определяется типом используе-

мого полупроводника, требованиями к производимым микросхемам, особенностями производственного процесса на данном предприятии.

Самым распространенным способом разделения пластин на сегодняшний день является дисковая резка; именно эта технология применена в GS Nanotech. В ее рамках возможны два варианта последовательности операций. Один из них принято обозначать аббревиатурой GBD (Grinding Before Dicing, утонение перед резкой); другой называется DBG (Dicing Before Grinding — резка перед утонением).

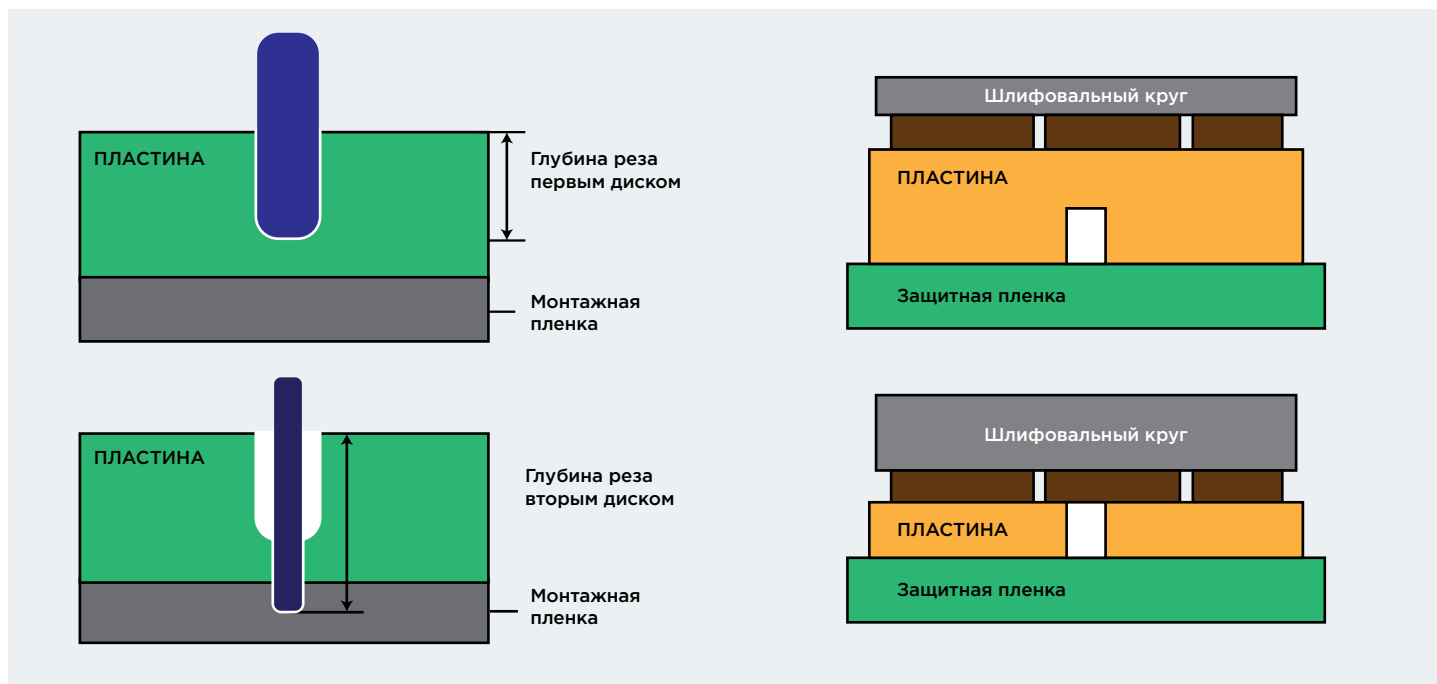
В первом варианте прежде всего производится ламинирование: на лицевую поверхность пластины наклеивается защитная пленка, которая предохраняет топологическую структуру от повреждений при последующих механических операциях и межоперационных перемещениях.

После ламинирования приступают к утонению пластины при помощи шлифовки и полировки ее обратной поверхности. Контроль достижения нужной толщины производится автоматически системой управления приводом шпинделя либо путем подбора длительности шлифовки при известной скорости снятия материала.

Утоненную пластину переносят на пленочный носитель с рамкой — на него она наклеивается своей обратной поверхностью.

Следующая операция — резка пластины на кристаллы. В установке, примененной GS Nanotech, резка производится двумя дисками, имеющими разную ширину рабочей части: сначала более широким на неполную глубину, затем более узким — до полного разделения кристаллов. Такое решение, с одной стороны, исключает образование опасных сколов на обратной поверхности кристаллов, с другой — повышает производительность процесса и предотвращает ускоренный износ тонкого диска и его поломку, возможные в том случае, если бы ему пришлось проходить через полную толщину кристалла. Для контроля качества разделения пластины при помощи встроенной в установку системы технического зрения проводят визуальную оценку величины полученных кристаллов, размеров сколов на них, а также смещения линий резки относительно нужного положения.

Последняя операция этого цикла — облучение пленки-носителя ультрафиолетом. В производстве GS Nanotech используется пленка, чувствительная к ультрафиолетовому излучению. Такая пленка позволяет при помощи облучения достичь контролируемого уменьшения адгезии, что снижает вероятность повреждения кристаллов при отклеивании от носителя на следующем этапе — при монтаже кристаллов на подложки. Это имеет важное значение при работе с кристаллами, величина отношения площади к толщине которых очень велика, что обуславливает высокий риск разлома при любом механическом воздействии.



1 Резка полупроводниковой пластины: **A** – вариант GBD; **B** – вариант DBG

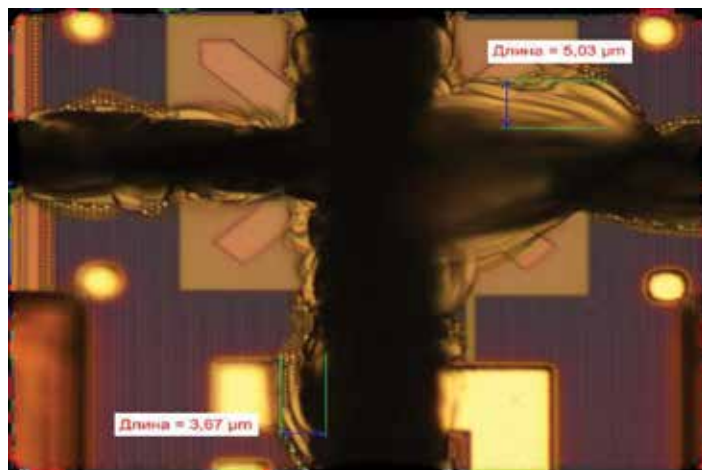
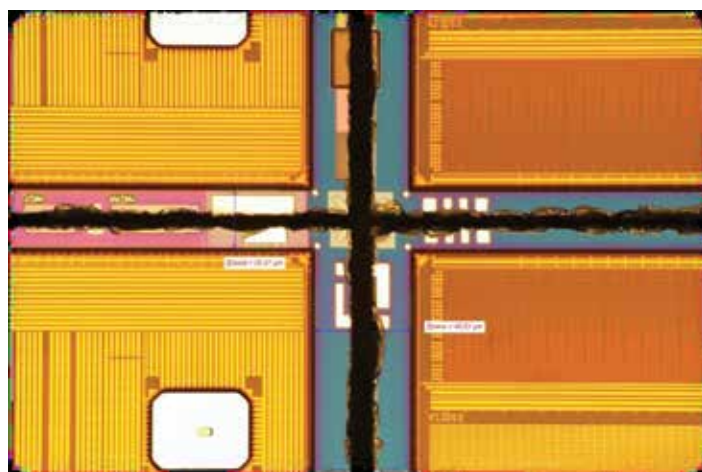
При работе по второму варианту пластина сначала разрезается с лицевой стороны на неполную толщину — глубина прореза незначительно превышает требуемую финальную толщину кристалла. Затем наклеивается защитная пленка; в данном случае она нужна не только для защиты лицевой стороны от повреждений, но и для удержания отдельных кристаллов после того, как пластина будет окончательно разделена. Далее пластину шлифуют с тыльной стороны, снимая весь оставшийся неразрезанным слой, и далее — до нужной толщины кристаллов; в результате получают разделенные кристаллы, приклеенные на защитную пленку.

Заключительные операции в цикле DBG — пере-клейка разделенной пластины на пленочный носитель с рамкой и УФ-облучение для снижения адгезии пленки.

Каждый из вариантов реализации этапа Pre-Assembly имеет свои преимущества и недостатки. Основным достоинством GBD является его относительная простота, обусловленная небольшим количеством параметров процесса, нуждающихся в постоянном точном контроле. Эта простота, наряду с хронологическим первенством варианта GBD по отношению к DBG, делает GBD наиболее распространенным на сегодня режимом обработки пластин.

Основной недостаток GBD — большие, до 20–25 мкм, сколы на лицевой стороне, а также наличие сколов на тыльной стороне пластины. Кроме того, в этом варианте сравнительно высока вероятность повреждения продукта в связи с тем, что ручные операции производятся с пластиной, которая уже утонена.

Последняя опасность минимальна в режиме DBG, в котором ручные операции выполняются с пластиной



2 Вид реза и сколов при разном увеличении микроскопа

исходной — большой — толщины. Кроме того, при штатной работе техники размер сколов на лицевой стороне пластины не превышает 5–10 мкм, а на тыльной стороне их не может быть в принципе.

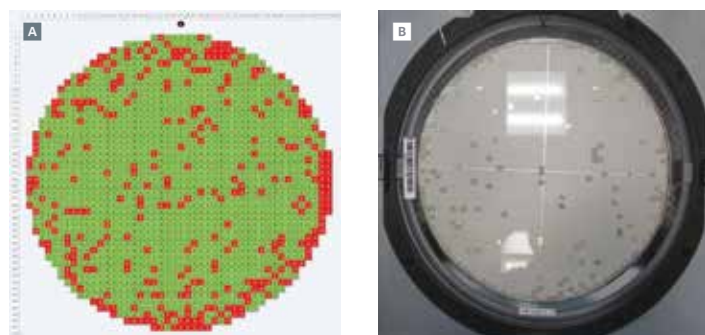
В качестве серьезного недостатка варианта DBG обычно называют сравнительно большой риск повреждения пластины при ламинировании, поскольку оно выполняется после операции предварительной разрезки пластины. Кроме того, в защитной пленке всегда в большей или меньшей степени присутствуют напряжения растяжения. Они могут привести к непрогнозируемому смещению кристаллов после разделения пластины, что затрудняет и замедляет работу с носителем на следующем этапе корпусирования. Поэтому специалисты GS Nanotech выбрали метод GBD.

Монтаж кристалла на подложку — операции Attach Print и Attach Cure

После подготовки пластин — утонения и разрезки — начинается собственно процесс сборки микромодулей. Первой его стадией является монтаж кристаллов — установка их на подложки корпусов микросхем; в англоязычной терминологии эта стадия называется Attach Print.

Надо отметить, что поставляемые полупроводниковые пластины тестируются поставщиком для выявления полностью нефункциональных кристаллов и тех, которые не показали заявленную производительность. По результатам тестирования составляются электронные карты пластин, которые поставщик передает производителю микросхем, а последний загружает в свое оборудование, используя стандарт SECS/GEM.

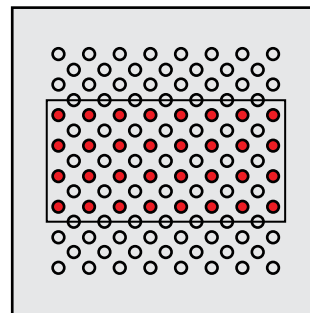
Подложки, на которые устанавливаются кристаллы, представляют собой многослойные печатные платы, объединенные в мультизаготовку. На верхнюю сторону подложки с использованием какого-либо типа адгезива устанавливаются кристаллы, на нижнюю — шариковые выводы корпусов типа BGA.



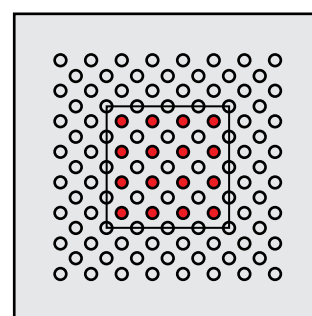
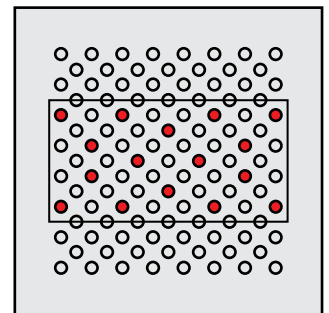
3 Отсевание негодных кристаллов: А — карта годности пластины; В — пленочный носитель с оставленными негодными кристаллами

Перед установкой кристаллов на посадочные места мультизаготовки наносится адгезив (клей). Нанесение выполняется дозатором, интегрированным в монтажный автомат, в соответствии с заданным рисунком — паттерном. Затем автомат, сверяясь с картой пластины, вакуумным захватом снимает с пленочного носителя годные кристаллы, помещает их на подложки и выдерживает заданное время, прижимая с заданным усилием.

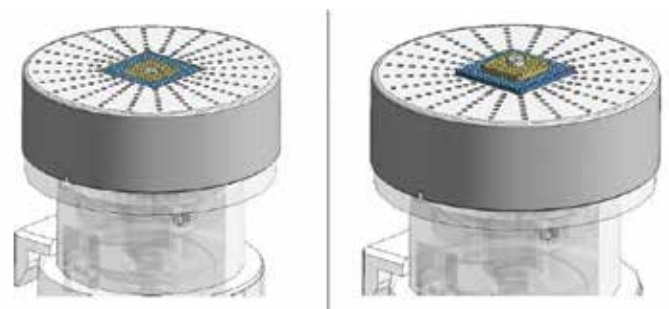
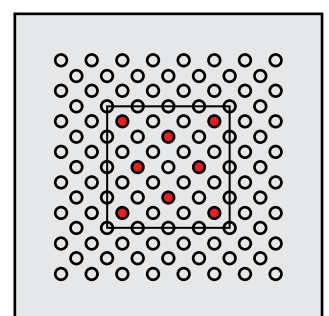
Для точного позиционирования кристаллов на подложках в составе автомата имеется оптическая система. Посадочное место она определяет, распознавая реперные точки на подложке, а кристалл идентифицирует по особому рисунку на его поверхности. Кроме того, после поднятия кристалла с пленочного носителя система контролирует его угловую ориентацию и при необходимости передает на монтажную головку команду на поворот кристалла.



Размеры компонента 16x8 мм
Толщина компонента < 70 мкм



Размеры компонента 8x8 мм
Толщина компонента < 70 мкм



4 Принцип действия систем выталкивания: матричной (вверху); одного из вариантов многостадийной (внизу)

В современных машинах при снятии кристалла с пленочного носителя в дополнение к вакуумному захвату, поднимающему кристалл, используются разного рода выталкиватели (эжекторы), воздействующие на кристалл снизу с целью отделить, отклеить его от пленки.

Если кристалл небольшой площади и сравнительно большой толщины — это может быть просто иголка, нажимающая снизу на центральную область кристалла, в результате чего пленка отклеивается почти от всей площади основания кристалла. Для выталкивания кристаллов с большим отношением площади к толщине используются преимущественно многоигольчатые эжекторы, хотя существуют и механизмы с другим принципом действия.

Многоигольчатые выталкиватели, в свою очередь, также бывают разных типов. Это может быть матричная система, в которой иголки распределяются в нужном количестве и порядке по площади кристалла и выдвигаются одновременно. В так называемых многостадийных системах секторы выдвигаются последовательно по времени. Для линии сборки микромодулей применен автомат монтажа Datacom 2200 evo производства компании BE Semiconductor Industries NV. (BESI). Среди различных вариантов выталкивателей, которыми он комплектуется, имеется многостадийная система, которая сначала поднимает весь кристалл, создавая в пленке локальные напряжения, а затем в несколько приемов втягивает иголки группами по периметру кристалла, и пленка на этих площадях отклеивается.

При выборе автомата монтажа специалисты GS Nanotech руководствовались тем, что модель 2200 evo специально сконструирована для монтажа микроэлектронных компонентов высокой сложности, таких как MCM, CMOS, DA, flip-chip, она может работать со сверхтонкими и хрупкими кристаллами. Автомат комплектуется семью видами захватов (опционально — 14). Модель 2200 evo обладает очень высокой производительностью — до 5 000 компонентов в час — при точности $10 \text{ мкм}@3\sigma$ (новая модификация имеет точность $7 \text{ мкм}@3\sigma$).

В настоящее время все большее распространение получает более совершенная, чем посадка на клей, технология, основанная на применении DAF (Die Attach Film, двухсторонняя клеящая пленка); именно она применена в линии GS Nanotech. DAF обеспечивает большую надежность и повторяемость приклеивания за счет постоянной толщины и гарантированной однородности клеевого слоя, отсутствия пустот или натеканий, которые трудно полностью исключить при нанесении клея дозатором, а обнаружить можно лишь при контроле после полимеризации адгезива, то есть слишком поздно, чтобы что-то исправить. При использовании DAF она выступает как носитель, на который переклеивается утоненная (GBD) или разрезанная (DBG) пластина в завершающей фазе этапа Pre-Assembly.



5

Высокоточный автомат монтажа кристаллов Datacom 2200 evo

Важно отметить, что правильное использование DAF требует, чтобы в процессе полимеризации подложка была прогрета до температуры, требующейся для расплавления клеевого материала пленки — обычно от 100 до 150 °С. Эта функция — подогрев подложки — также реализована в автомате 2200 evo.

После установки кристалла (кристаллов) на подложку необходимо выполнить операцию, называемую Attach Cure — обработку в сушильной печи, в процессе которой происходит полимеризация адгезива, а также удаление влаги из продукта. Температурный профиль подбирается индивидуально для каждого изделия, и верный его выбор критически важен, поскольку ошибка ведет к ряду неблагоприятных последствий, основными из которых являются деламинация и пустоты в склеиваемом слое. Самое неприятное, что эти эффекты проявляются только на поздних стадиях процесса корпусирования или, что еще хуже, у покупателя продукции.

Опыт, полученный специалистами GS Nanotech, подтвердил преимущества DAF перед дозированием адгезива. В частности, было определено, что при многоярусном монтаже кристаллов (технология Stack Die) применение клеевого адгезива возможно, но DAF дает лучшие результаты, причем разница все более заметна с увеличением числа кристаллов в сборке, при росте их размеров и уменьшении толщины.

Для контроля качества клеевого соединения кристаллов с подложками на участке сборки многовыводных микромодулей используется ультразвуковой микроскоп высокого разрешения D9500 компании Sonoscan.

В ультразвуковом микроскопе электромагнитные колебания, вырабатываемые высокочастотным генератором, преобразуются в звуковые импульсы устройством,



6
Ультразвуковой микроскоп Sonoscan D9500

которое называется трансдьюсер. Акустическая линза фокусирует УЗ-импульсы на предмете исследования, помещенном в соединяющую среду — воду. Тот же трансдьюсер принимает отраженный УЗ-сигнал, преобразует его в электромагнитные импульсы, обработка которых позволяет сформировать изображение обследуемого участка в виде точки с определенной плотностью серого цвета. В сканирующих системах трансдьюсер, механически перемещаясь над образцом, линия за линией создает его изображение на экране.

Физические свойства УЗ-колебаний таковы, что с ростом частоты глубина проникновения в толщу образца уменьшается, а разрешающая способность увеличивается. Для того, чтобы пользователь мог выбрать режим, требующийся в каждом конкретном исследовании, модель D9500 имеет широкозонный генератор с частотой до 500 МГц, позволяющий работать с трансдьюсерами с номинальной частотой от 5 до 300 МГц; последний, в частности, обеспечивает прибору разрешающую способность 18 мкм.

Каждое изделие контролю не подвергается. Смысл УЗ-обследования на данном этапе состоит в том, чтобы подтвердить сохранение правильной настройки технологического процесса, для чего достаточно периодического выборочного контроля.

Разварка — этап Wire Bond

После того, как кристаллы закреплены на подложках, наступает время для создания электрических соединений между их контактными площадками и контактными площадками подложек. Этот этап принято называть разваркой (в англоязычной литературе — Wire Bonding).

Однако прежде чем перейти к разварке, необходимо подготовить к ней поверхность контактных площадок. Эта операция происходит в установке плазменной очистки.

Плазменная очистка удаляет с металла площадок оксидные пленки и загрязнители, которые препятствуют образованию качественного электрического контакта, снижают его эффективную площадь и уменьшают прочность соединения на отрыв. В зависимости от длины свободного пробега частиц плазма определяется как физическая либо химическая. Для физической плазмы основным механизмом очистки является разрушение связи загрязнителей с поверхностью за счет кинетической энергии частиц рабочего газа. В химической плазме преимущественное значение имеют химические реакции: свободные заряды вступают в химическую реакцию с загрязнителями на поверхности обрабатываемых изделий, образуя летучие побочные продукты, которые удаляются из рабочей камеры установки вместе с рабочим газом.

Разделение плазмы на физическую и химическую в известной степени условно, так как в очистке в той или иной мере участвуют оба механизма — за исключением тех случаев, когда процесс производится в среде инертного газа. Влияние физического воздействия тем выше, чем больше степень ионизации рабочего газа



7
Установка плазменной очистки AP-1000: А — общий вид; В — рабочая камера



и длина свободного пробега его частиц; эти параметры тем выше, чем больше мощность плазменного генератора и чем ниже давление в рабочей камере. Они так же, как время обработки, легко регулируются, так что технолог имеет все возможности подобрать оптимальный режим для любого конкретного применения.

Для линии монтажа многовыводных микромодулей была поставлена система плазменной очистки AP-1000. Система предназначена для серийного производства. Большое количество съемных держателей легко настраивается таким образом, чтобы обеспечить оптимальное расположение изделий в камере. Источник питания с рабочей частотой 13,56 МГц оснащен системой автоматического согласования, что обеспечивает не имеющий аналогов уровень повторяемости техпроцесса. Гибкая архитектура полок-держателей предоставляет широкие возможности по ориентации различных контейнеров с изделиями относительно направления плазменного потока. Такие характеристики позволили использовать одну установку во всех операциях плазменной очистки, которые входят в технологический маршрут сборки микромодулей.

Для разварки кристаллов при сборке многовыводных микромодулей используется технология ультразвуковой термокомпрессионной сварки. Ее можно назвать развитием ультразвуковой сварки, в ходе которой соединение материалов происходит при одновременном воздействии на свариваемые поверхности высокочастотных механических колебаний, внешнего давления, прикладываемого перпендикулярно к свариваемым поверхностям, и теплового эффекта от ВЧ-колебаний. В технологии ультразвуковой термокомпрессионной сварки к этим факторам добавляется дополнительный подогрев подложки снизу, со стороны рабочего стола сварочной машины. Стоит отметить, что этот вид сварки хорошо подходит для монтажа многокристалльных модулей; основным его достоинством в данном применении считается возможность получения соединения разнородных материалов. Такой сваркой можно соединять золотую проволоку с алюминиевыми, золотыми и серебряными покрытиями контактных площадок; можно также применять медную или золото-палладиевую проволоку.

Перемычку между двумя контактами в микросборочном производстве изготавливают из золотой, медной, серебряной или алюминиевой проволоки. При сборке микромодулей используется золотая проволока, но на предприятии GS Nanotech отработана и разварка медной проволокой. Сварка ведется методом «шарик-клин». Он состоит в том, что в первой точке петли — так принято называть межсоединение в микросварке — к контактной площадке кристалла присоединяется шарик, образованный путем оплавления проволоки; при этом рабочий инструмент сварочной машины — капилляр — подводит шарик к месту

контакта вертикально. Ко второй точке — контактной площадке подложки — капилляр ведет петлю по пологой наклонной траектории, и проволока ложится на площадку горизонтально.

Качество микросварки зависит от множества факторов. Немаловажной является чистота материала проволоки: для задач микросборки используется проволока с содержанием золота от 99,0 до 99,999 %. Проволока должна иметь диаметр вдвое меньший, чем максимально возможный диаметр контакта шариком; следует учитывать, что эта последняя величина заметно превышает диаметр шарика, полученного при оплавлении проволоки, так как в процессе соединения с контактной площадкой на шарик действует усилие прижима, приводящее к его расплющиванию с соответствующим увеличением диаметра.

Поскольку диаметр свободного (до присоединения) шарика зависит от диаметра проволоки, а степень его расширения при приварке к площадке определяется жестко регламентированным режимом сварки, то понятно, что максимальный диаметр проволоки подбирается прежде всего по величине контактных площадок и их шагу. При слишком толстой проволоке габарит шарика после расплющивания может выйти за пределы контактной площадки, создавая опасность паразитной связи с соседним контактом. С другой стороны, при чрезмерно уменьшенном диаметре проволоки шарик и формируемое им пятно контакта будут слишком маленькими, и соединение может оказаться недостаточно прочным. Кроме того, в таком случае участок петли в месте ее отхода от шарика может получить слишком резкий перегиб, создающий опасность разрыва при последующих сборочных операциях либо в ходе эксплуатации.

Опыт освоения новой линии корпусирования, в том числе применительно к технологии Stack Die, показал, что сварочная установка должна обладать рядом специальных характеристик. В ее составе необходимо иметь оптическую камеру с регулируемым фокусным расстоянием, диапазон изменения которого должен соответствовать требуемой высоте «этажерки» кристаллов. Система управления установки должна обеспечивать программирование формы петли, в том числе ультразвуковой, и иметь пополняемую базу данных с профилями петель.

Для производства самых современных микромодулей важно, чтобы установка, помимо обычных «шарик-клин» и «клин-клин», была способна производить разварку хотя бы одним из двух методов: «шарик-клин-шарик» (Bond Ball on Stitch — BBOS) или «обратная петля» (Reverse Bonding, или Ball Stitch on Ball — BSOB). Первый из них состоит в приваривании шарика поверх уже произведенного соединения клином. Это увеличивает надежность соединения, за что такой режим часто называют «закрепляющим шариком». По второму методу



8
Установка разварки кристаллов IConn

установка сначала приваривает шарик во второй точке петли, формируя при этом у него плоскую вершину, а затем переходит к первой точке и выполняет операции в обычной последовательности метода «шарик-клин»; в русскоязычной литературе этот процесс часто называют «разварка перемычки на заранее установленный шарик».

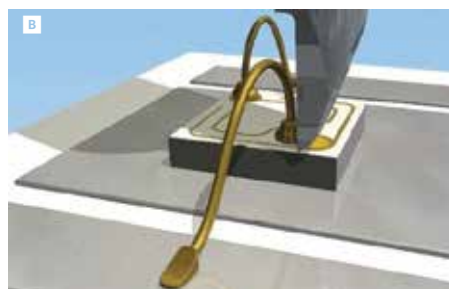
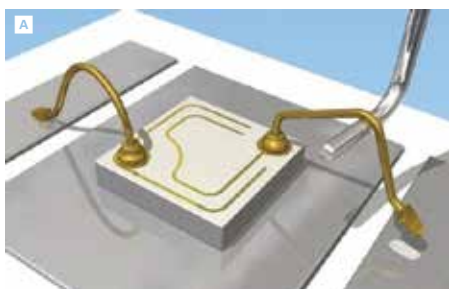
Последний метод оценивается как очень перспективный. Он существенно повышает прочность соединения второй точки сварки: тесты на отрыв показали, что обрыв проволоки происходит в месте шейки сварки, либо рвется сама проволока — но практически никогда не происходит разрушения собственно соединения проволоки с контактной площадкой. Методом BSOB можно вести связь прямо с одного кристалла на другой, без промежуточного стежка, что позволяет ставить кри-

сталлы в многокристальной сборке очень близко друг к другу; это самый лучший вариант сварки при работе с многоуровневыми сборками.

Всем требованиям, предъявляемым к автомату разварки для линии сборки многовыводных микромодулей, соответствует установка IConn компании Kulicke & Soffa. Ее основное назначение — разварка кристаллов золотой проволокой методом «шарик-клин», но производитель в качестве опции предлагает комплект для сварки медной проволокой, который был также приобретен и освоен. Система характеризуется большой рабочей областью — 56 × 80 мм, — поэтому большинство компонентов могут быть разварены за один раз без переустановки. Двухдиапазонный преобразователь частоты позволяет выбрать две частоты для каждого сварного соединения. Точки разварки петли позиционируются с точностью ±2 мкм, встроенный датчик измерения ее высоты обеспечивает возможность получения низких петель высотой до 50 мкм, а режимы формирования петель с большим числом контролируемых параметров предоставляют максимальную управляемость и гибкость при задании необходимых форм петель. Благодаря оптической системе с диапазоном фокусировки 2,5 мм на установке IConn можно работать со стеклами кристаллов многоуровневыхборок.

Для проверки качества разварки используются как неразрушающие, так и разрушающие методы контроля. Неразрушающий — это визуальное обследование с помощью оптического микроскопа. Разрушающий контроль применяется на этапе отладки процесса разварки каждого нового изделия, а также для подтверждения его стабильности — периодически на выборочных образцах.

Разрушающий контроль — это проверка на отрыв петли от контактной площадки либо ее разрыв и проверка на сдвиг (срез). Отметим, что для получения точной информации о прочности сварного соединения на сдвиг необходим визуальный анализ места разрушения. Соединение может быть разрушено из-за отрыва шарика (или клина) от контактной площадки; отрыва контактной площадки от поверхности кристалла; разрыва шарика; разрушения зоны, к которой приварен шарик, — контактной площадки или площадки вместе



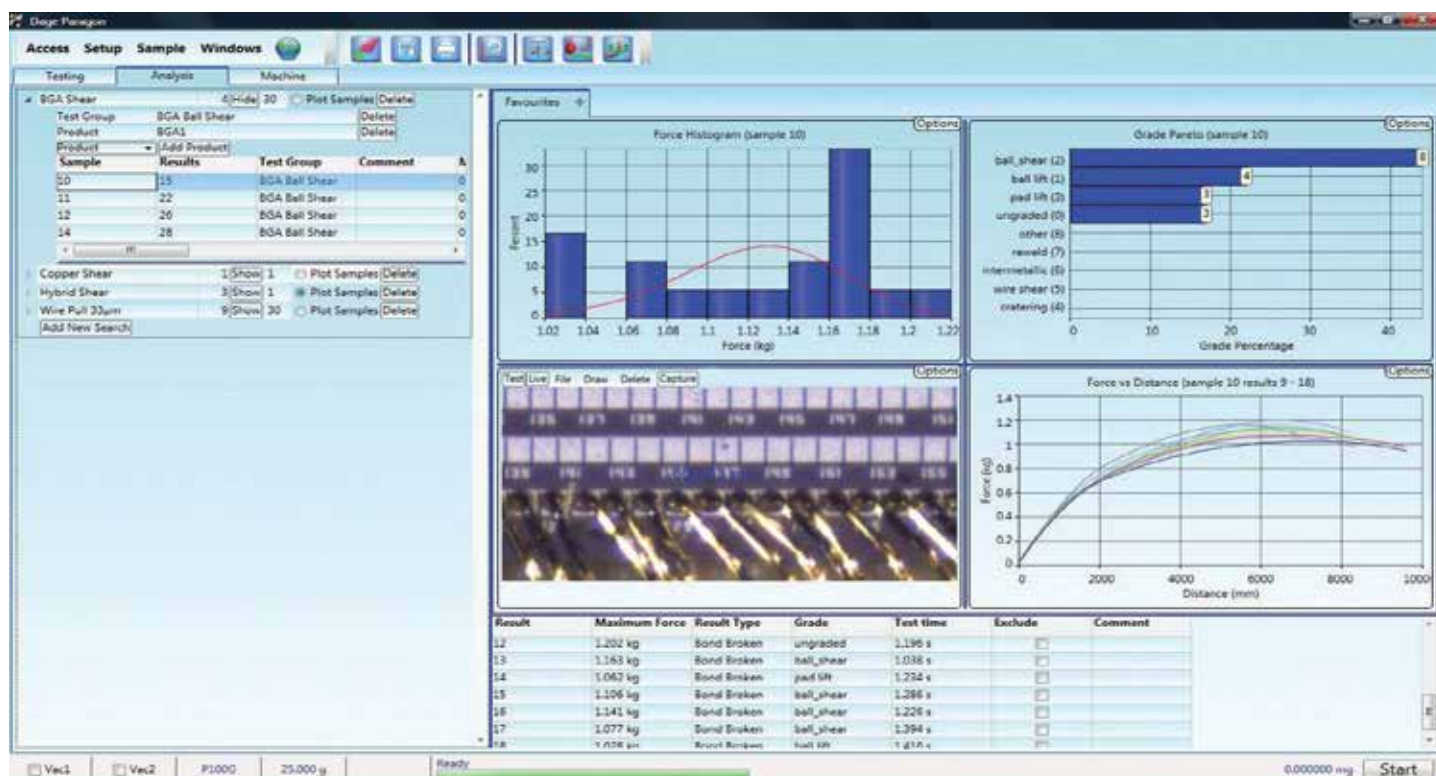
9
Разрушающий контроль разварки: А - отрыв петли; В - сдвиг шарика; С - сдвиг клина

с частью кристалла. Понятно, что к процессу сварки имеют отношение только первый и третий эффекты, а остальные свидетельствуют как раз о хорошем качестве сварного соединения.

Для проведения разрушающего контроля применили установку 4000Plus производства компании Nordson DAGE. Для установки предлагается набор из более чем 25 картриджей, а также стандартная и специальная оснастка. Разнообразие картриджей позволяет решить любую из задач: для испытаний на отрыв предлагаются картриджи с верхним диапазоном усилия от 0,25 г до 200 кг, а на сдвиг — до 500 кг. Поддерживается режим направленного разрыва, а на сдвиг можно проверять не только сварные соединения, но и кристаллы. Помимо основной, в составе установки имеется дополнительная система захвата изображения, предна-



10 Установка тестирования микросоединений 4000Plus

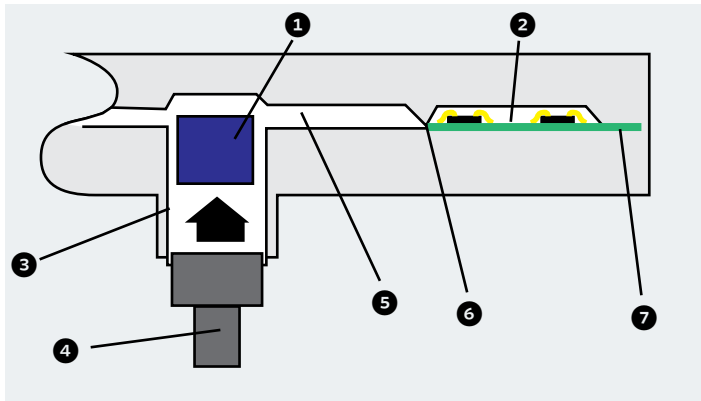


11 Экран управления испытаниями установки DAGE 4000Plus. Как можно видеть из таблицы в правой нижней части экрана, частота отрывов контактной площадки при испытаниях на сдвиг соизмерима с частотой отрыва шариков

значенная для быстрого обнаружения неисправности и получения изображений для дальнейшего анализа, которая поддерживает также и измерительную функцию. Программное обеспечение может организовать циклический режим нагружения, что позволяет проводить усталостные тесты, необходимые для оценки надежности сварных и паяных соединений.

Герметизация в пластиковые корпуса — Molding

Перед тем, как приступить к формированию пластмассового корпуса, подложки с разваренными кристаллами подвергают плазменной очистке. Компаунд — материал пластикового корпуса — в составе микромодуля контактирует с разными материалами: стеклоэпоксидной



12
Схема процесса литьевого прессования: 1 — компаунд в виде таблетки; 2 — рабочая полость пресс-формы; 3 — цилиндр с системой расплавления компаунда; 4 — плунжер; 5 — литник; 6 — фильеры; 7 — каналы для выхода воздуха

композицией подложки, сплавом припоя и металлом контактных площадок, полупроводником кристалла. При наличии загрязнений на их поверхности компаунд отслаивается, в местах отслоения скапливается влага, испарение которой при полимеризации компаунда может привести к образованию трещин в корпусе.

Кроме того, плазменная очистка увеличивает энергию поверхностной связи между компаундом и вышеперечисленными материалами. Этот эффект, называемый активацией, обусловлен разрывом химических связей в верхнем слое поверхности, обработанной плазмой; он устраняет отслоение и обеспечивает герметичность корпуса.

Плазменная очистка перед герметизацией осуществляется на той же установке AP-1000, что и очистка после монтажа кристалла, отличие состоит лишь в режиме обработки и используемой оснастке.

Микромодули герметизируются терморезистивным компаундом — реактопластом. В машине AMS-I компании Fico, примененной в линии монтажа микромодулей, реализован метод литьевого прессования. Расплавленный компаунд выдавливается плунжерами в полость пресс-формы, в которой находится мультizaготовка с разваренными кристаллами. Производится выдерж-

ка при определенной температуре и давлении, затем давление снимают и охлаждают изделия, после чего они готовы к следующей фазе процесса — запеканию компаунда, которое происходит в специальной печи.

Основные дефекты, возможные на этапе герметизации, — коробление и/или скручивание мультizaготовок из-за разницы в коэффициенте температурного расширения между подложкой, кристаллом и компаундом; неполная герметизация из-за малого расстояния между кристаллом и границами подложки; косметические дефекты — контрастные области — из-за разницы в плотности компаунда, которая может возникнуть при некорректном ходе процесса герметизации.

Чтобы исключить или минимизировать возможность появления этих дефектов, при разработке технологического процесса необходимо учитывать множество факторов: размеры микромодуля и кристалла, толщину адгезива под кристаллом, высоту петель, высоту слоя компаунда над кристаллом и др. Перечень ключевых параметров включает температуру, скорость и финальное давление заливки, время предварительного нагрева подложек, время полимеризации, время охлаждения в пресс-форме, время и температурный профиль запекания.

Интеллектуальная автоматическая система AMS-i предоставляет технологу все возможности для выбора режима герметизации, ее гибкая конструкция позволяет создать конфигурацию под любые производственные задачи. Установка имеет независимую универсальную станцию прессования, развивающую усилие до 60 т (90 т в специальной версии). Динамическая система регулирования с высокой точностью поддерживает заданный профиль температуры в пресс-форме, гарантируя ее однородность в пределах 2 °С. Удаленная (до 40 м) подача гранулированного пластика с контролем размера гранул решает проблему эксплуатации системы в чистом помещении.

Система отличается высокой повторяемостью процесса и самым низким временем рабочего цикла среди машин такого класса, представленных на рынке, ее максимальная производительность в стандартной версии —



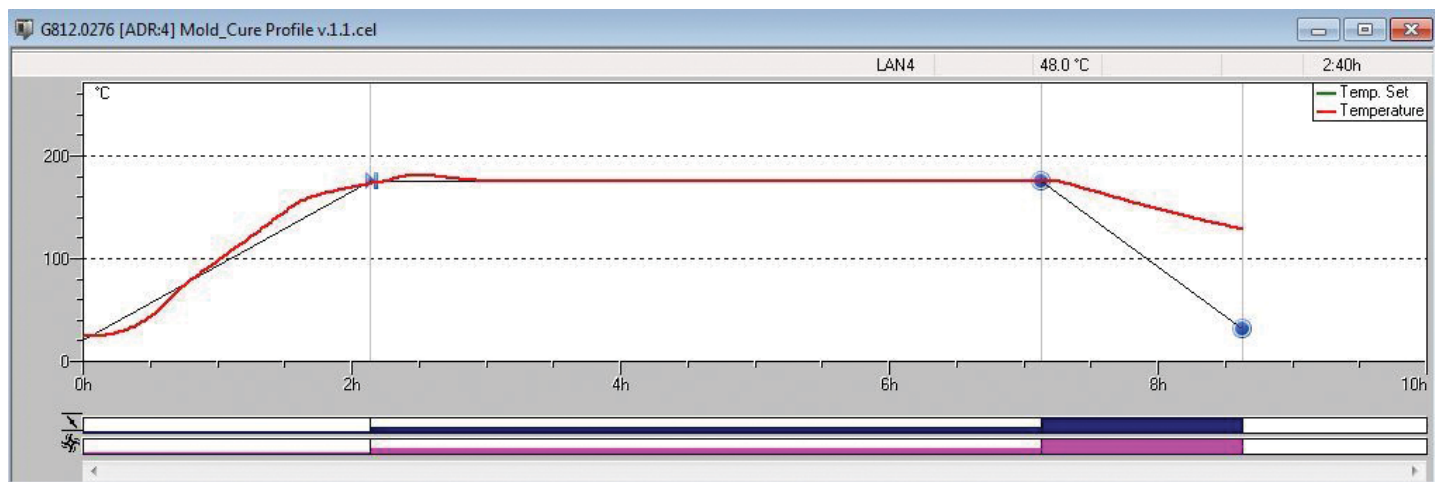
13
Основные дефекты при герметизации: А — коробление; В — неполная герметизация; С — косметический дефект — контрастные области над кристаллом

500 подложек в час, в специальной — 900. Реализован ряд функций, повышающих надежность работы системы и удобство ее использования, таких как контроль ориентации рамок (их максимальные габариты 78 × 280 мм), автоматическое обнаружение посторонних объектов под прессом, выявление и автоматический отсев бракованных изделий в момент выгрузки.

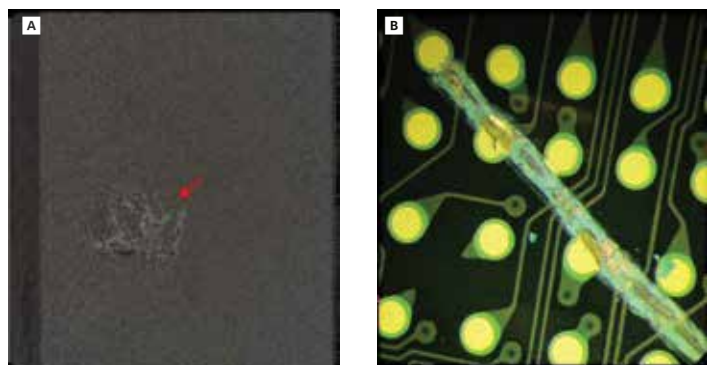
Важнейшим требованием к печи для запекания компаунда является ее способность обеспечивать нужную для данного материала температуру и выдерживать профиль ее изменения. Причем температурный профиль зависит не только от герметизирующего материала, но и от состояния изделия на выходе из заливочной машины;



14 Автоматическая система литьевого прессования AMS-i



15 Пример температурного профиля печи для запекания молд-компаунда

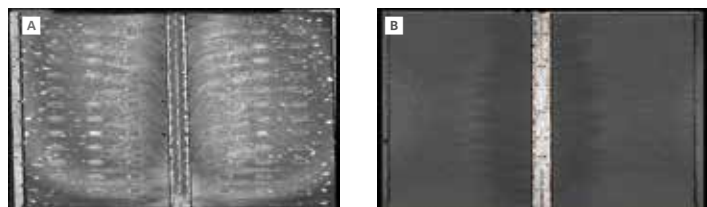


16 Визуальная инспекция: А — несовершенство поверхности микросхемы: внешние пустоты, повреждения; Б — повреждение дорожек и контактных площадок

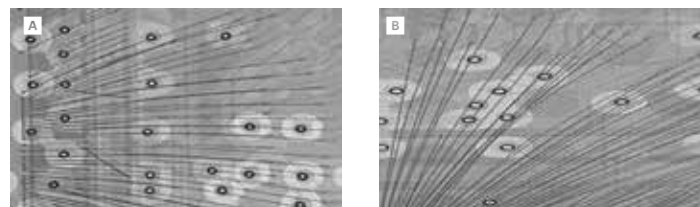
для разных его температур при загрузке в печь производитель компаунда может рекомендовать различные профили его запекания — как по температурам этапов (нагрев/выдержка/охлаждение), так и по времени их прохождения.

Для проверки качества выполнения герметизации используют три вида неразрушающего контроля.

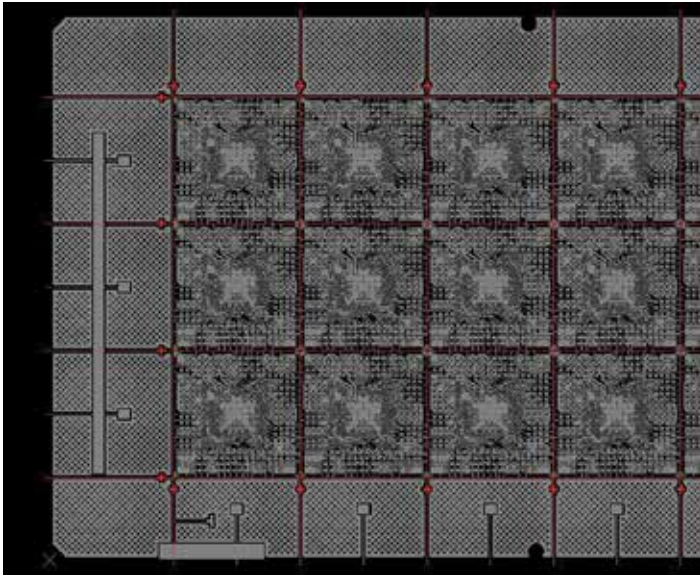
Визуальная инспекция проводится при помощи оптического микроскопа. Задача — нахождение участков неполной герметизации, видимых косметических дефектов, загрязнений и повреждений.



17 Ультразвуковое исследование SiP Emerald N2M (две подложки): А — большое количество пустот; Б — отсутствие пустот



18 Рентгеноскопическое исследование (медная проволока): А — отрывы проволоки от кристалла; Б — замыкание проволочных соединений



19
Участок мультизаготовки на экране оператора линии разделения

Ультразвуковая инспекция применяется для обнаружения трещин, пустот, неоднородностей плотности и отслоений материалов. В центре микроэлектроники GS Nanotech она проводится на той же установке D9500, что и контроль качества соединения кристалла с подложкой.

При помощи рентгеноскопической инспекции обнаруживают отсутствие, смещение, деформацию петель и их отрывы от контактных площадок.


Установка выводов, разрезка подложки, проверка

Монтаж шариковых выводов, разрезка подложки на отдельные микросхемы, визуальный и электрический контроль — это завершающие операции процесса корпусирования. Перед монтажом выводов подложка опять проходит плазменную очистку в установке AP-1000, на этот раз для удаления загрязнений с контактных площадок выводов.

В линии корпусирования применен способ монтажа шариковых выводов методом переноса, схожий с процессом поверхностного монтажа компонентов и реализуемый обычно автоматами поверхностного монтажа; практически любой из них сегодня способен обеспечить точность в пределах 50 мкм, необходимую для установки шариковых выводов. Готовые шарики в твердом состоянии устанавливаются на контактные площадки, предварительно покрытые паяльной пастой, результат оценивается системой технического зрения автомата. Затем подложка с установленными шариками помещается в печь для оплавления паяльной пасты.

Из печи мультизаготовки поступают на линию разделения, где дисковыми пилами разрезаются на отдельные микросхемы и выгружаются в транспортную тару — стандартный (JEDEC) трей. Это уже готовый продукт, которому остается только пройти контроль. Основная часть контроля — электрическое тестирование. В GS Nanotech эта операция производится на автоматическом стенде. Оснастка стенда — контактирующие устройства — позволяет проверять микросхемы, не извлекая их из тары.

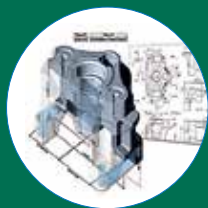
Успешно прошедшие контроль микросхемы упаковывают и отправляют заказчику.

Сегодня GS Nanotech — одно из ведущих предприятий в Европе по разработке, корпусированию и тестированию микроэлектронной продукции. Всего за семь лет пройден большой и непростой путь. В ходе реализации проектов специалисты центра неоднократно сталкивались с техническими сложностями, в преодолении которых всегда участвовали сотрудники Остека. За эти годы с различными подразделениями Остека налажено сотрудничество во всех производственных процессах GS Nanotech: поиске нового или модернизации имеющегося оборудования, внедрении новых материалов и комплектующих, применении инновационных технологий и решений в производстве, проведении научных семинаров и конференций, обучении и стажировке, сервисном обслуживании, как удаленном, так и на месте, с привлечением высококвалифицированных специалистов. Безусловно, сотрудничество будет продолжено для решения новых задач и достижения амбициозных целей. 



Литье

- Отработка технологии литья
- Поиск и анализ пустот, раковин и включений



Механообработка

- Контроль качества геометрии ответственных деталей сложной формы
- Обратное проектирование



Электроника

- Контроль печатных плат, компонентов и качества пайки
- Исследование совмещения слоев, дефектов металлизации



Материаловедение

- Исследования внутренней структуры материалов
- Расчет физических свойств материалов



Исследования

- Полезные ископаемые и геологические образцы
- Принципы работы механизмов
- Криминалистика

Лаборатория промышленной томографии: экспертный контроль качества и проведение исследований

- Самая крупная в Восточной Европе
- Оснащенная передовым оборудованием

Лаборатория создана на базе Центра технологий контроля (ЦТК), предназначенного для решения широкого спектра производственных и научных задач.



будущее
создается



Channel Partner
GE Oil & Gas

www.ostec-ct.ru
(495) 788 44 41
info@ostec-ct.ru



Как улучшить качество выпускаемой продукции



Текст: **Андрей Морозов**

В статье будет рассмотрена одна из важнейших тем в машиностроении, приборостроении и других отраслях промышленности — качество выпускаемой продукции, а также намечены некоторые практические шаги для улучшения ситуации в этой области.

Обобщая многолетний опыт работы с мировыми производителями и российскими предприятиями в области метрологического обеспечения, можно обозначить несколько проблем, которые не позволяют нашим предприятиям выйти на желаемый уровень качества выпускаемой продукции, не прибегая при этом к большим затратам.

Очень важна осознанная востребованность, которая может состоять из разных составляющих, например, реальной потребности в достижении определенного уровня качества с целью удовлетворения требований потребителя и понимания руководством предприятия роли метрологического обеспечения. По умолчанию считаем, что востребованность существует, и тогда все проблемы выходят на поверхность.

Одна из важных проблем — ограниченность в технических средствах, которые либо устарели, либо вовсе вышли из строя. Но при попытках оснастить предприятие новыми средствами измерений нередко «забывают» о существующих нуждах, и метрологические задачи и процесс переходят в область «придумывания» потребности вместе с потенциальным поставщиком. Компетентность поставщика, как правило, ограничена знаниями характеристик поставляемого оборудования, а линейка этого оборудования редко может перекрыть и четверть реальных задач. Как следствие, приобретается оборудование, неспособ-

ное обеспечить потребности предприятия. И даже если приобретенное оборудование подходит для решения конкретных задач, сплошь и рядом предприятия сталкиваются с ситуацией, когда для работы на этом оборудовании у персонала не хватает знаний, и используется оно всего лишь на несколько процентов от всех возможностей оборудования. Также часто возникает проблема метрологической легализации приобретенного оборудования, то есть обеспечения и подтверждения прослеживаемости. Нередко метрологические задачи очень сложно решить с помощью имеющегося на рынке оборудования с технической и экономической точек зрения, а разработкой и производством нестандартизованных средств измерений занимаются лишь несколько компаний в стране, которым, в свою очередь, сложно обеспечить потребности многочисленных предприятий.

Итак, мы подходим к следующей важнейшей проблеме — кадровое обеспечение метрологической деятельности. Даже если на предприятии есть средства на техническое перевооружение, то из-за слабой подготовки кадров это оборудование может быть неправильно выбрано или недостаточно эффективно использоваться. Если метролог не имеет возможности повлиять на ситуацию, он начинает идти по пути наименьшего сопротивления — отстраняется от решения оперативных задач и уходит в надзорную функцию. Некоторые предприятия пытаются внедрить систему менеджмента качества, но она также многими воспринимается как нечто ненужное и мешающее работе и рассматривается как отдельный от метрологического обеспечения инструмент.



Нередко на предприятии можно встретить технологов, конструкторов, инженеров, которые занимаются задачами измерений и по необходимости пытаются взять на себя функции метрологов. Хотя все должно быть несколько иначе: метрологи должны участвовать в разработке изделий с начальных этапов, когда принимаются важные технические решения, и эти решения должны учитывать возможность контроля характеристик в нужный момент. Выбор точек контроля необходим для оптимизации технологического процесса. Их не должно быть слишком много, т. к. это может привести к удорожанию продукции и сокращению объемов производства, и не должно быть мало, чтобы не допустить снижения уровня качества продукции.

Еще одна основная проблема, которую нужно выделить — отсутствие или несовершенство нормативно-методической базы, что сильно ограничивает метрологов в решении оперативных задач. Метрологическое обеспечение не заканчивается на операциях, связанных с применением технических средств для обеспечения требуемой точности измерений. Это еще и разработка, модернизация, соблюдение требований метрологических стандартов, норм, правил и методик, а также грамотная обработка и анализ результатов измерений, благодаря которым можно адекватно оценивать текущую ситуацию, связанную с качеством выпускаемой продукции, и оперативно регулировать ее.

Мы видим, что все перечисленные проблемы взаимосвязаны, и каждая из них может рассматриваться либо как причина, либо как следствие остальных. По-

этому решать проблемы по отдельности — не эффективно. Решение должно быть комплексным.

Во-первых, руководство предприятия должно самостоятельно или с помощью компетентных лиц детально определить проблемы и подготовить план развития метрологической службы, включающий не только покупку технических средств, но и алгоритм действий, который обеспечит устранение выявленных проблем и приведет к запланированным результатам. Взаимодействие производителей, в первую очередь, технологов и метрологов должно строиться на общей политике предприятия. Специалисты этих групп должны быть оппонентами в отношении методов и средств достижения намеченных целей. Часто производители сильно преувеличивают роль технологических факторов и производственного оборудования, совершенство которых, по их мнению, гарантированно приведет к высоким результатам. Метрологи склонны преувеличивать роль формальных метрологических процедур. На этом фоне нередко возникают конфликты, и механизм взаимодействия должен предусматривать и способы разрешения таких ситуаций.

Метрологическая служба должна быть отдельным структурным подразделением и соответствовать функциям метрологического обеспечения. При дефиците кадровых ресурсов можно прибегнуть к услугам внешних компаний и специалистов с опытом и образованием в области метрологии. В таком случае можно ограничиться минимальным количеством штатных сотрудников, роль которых будет заключаться во взаимодействии и исполнении предписаний внешних специалистов.

Во-вторых, метрологи должны свободно оперировать понятиями основной деятельности и доказывать конкретными примерами, что метрологические инструменты могут быть эффективными в решении задач, возникающих в ходе этой деятельности. Такой путь не прост, поскольку требует немало времени и усилий для повышения уровня компетентности специалистов по метрологии. К сожалению, качество современного образования снизилось, а в области метрологии стало еще и большой редкостью, но это, при желании, может быть компенсировано доступностью информационных ресурсов.

Процесс технического оснащения также можно регламентировать. Чтобы выбор средств измерений был грамотным, необходимо опираться на утвержденные государством нормативные документы. Например, периодически возникают споры о том, как определить с погрешностью прибора. Они ведутся на фоне того, что многими забыт ГОСТ 8.051-81 «ГСИ. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм» и так далее. Естественно, некоторые из таких документов отстают от современных реалий, но основная часть информации в них является фундаментальной.

После согласования и утверждения всех теоретических аспектов выбора приходит черед экспериментальной части. В ГК Остек такая практика стала уже закономерностью. В ходе работы на оборудовании возникают многочисленные нюансы, после их обработки и учета



формируется полная картина процесса измерений, и становится ясно, насколько полноценно решается та или иная задача и сколько времени на это требуется. Кроме того, без экспериментов сложно оценить удобство и функциональность программных продуктов, которыми оснащено большинство современных средств измерений. Сейчас возможности программ во многом определяют функциональность и скорость работы. Так, например, популярные измерительные микроскопы могут не только отображать объект контроля и результаты замеров на мониторе ПК, но и производить измерения в режиме ЧПУ по программе, заданной оператором. Скорость таких измерений в десятки раз выше, нежели в ручном режиме.

Рассмотренные в статье проблемы метрологического обеспечения и их решения носят обобщенный характер и охватывают метрологическую деятельность предприятий, располагающих собственной метрологической службой.

Сегодня все более актуальной становится практика делегирования некоторых функций метрологических служб сторонним организациям. Группа компаний Остек готова дать консультации по вопросам, связанным с метрологическим обеспечением, стандартизацией и сертификацией, осуществить методическое и дидактическое сопровождение, подготовить рекомендации по оптимизации структуры и повышению эффективности метрологической службы, разработать стандарты, а также оснастить лаборатории высококачественными сертифицированными средствами измерения и средствами допускового контроля, при необходимости спроектировать и изготовить специальные средства измерений и оснастку. ▽



Экономичность

До 5 раз дольше по сравнению с другими отмывочными жидкостями работают жидкости Zestron, производимые по запатентованной MPC-технологии и обладающие уникальным составом.

Подтвержденное качество

Более 10 лет жидкости Zestron успешно применяются в отечественном производстве РЭА ответственного и военного назначения, обеспечивая высокое качество отмывки и надежный результат.

Максимальная совместимость

Уникальный состав обеспечивает максимальную совместимость жидкостей со всеми узлами и деталями оборудования для отмывки, способствуя продолжительному сроку службы оборудования и минимизируя расходы на обслуживание и простой.

Контроль и стабильность

Только Zestron предлагает специальные тестовые наборы для контроля состояния раствора отмывочных жидкостей для своевременной корректировки концентрации и состояния раствора, обеспечивая максимальную стабильность и надежность процесса отмывки.

Эффективность и универсальность

Жидкости Zestron гарантированно и качественно удаляют более 500 видов материалов для пайки.

ZESTRON
High Precision Cleaning



Никаких полумер. Вся полнота преимуществ

Оригинальные отмывочные жидкости Zestron гарантируют непревзойденное качество отмывки и стабильность результата. Широкий ассортиментный ряд позволяет подобрать отмывочную жидкость для конкретной задачи: в соответствии с типом оборудования и процесса, характером загрязнений, индивидуальными требованиями.

Отличительной особенностью отмывочных жидкостей Zestron является высокая эффективность: качественная отмывка, совместимость с оборудованием и компонентами, экономичность. Жидкости Zestron успешно зарекомендовали себя на ведущих отечественных производствах РЭА.

Официальный эксклюзивный дистрибьютор Zestron Группа компаний Остек обеспечивает высококвалифицированную техническую и технологическую поддержку, поставку со склада и оперативную доставку по всей России с соблюдением всех условий транспортировки и хранения.



будущее
создается



www.ostec-materials.ru
(495) 788 44 44
materials@ostec-group.ru



Цифровое производство — от идеи к результату

