

# РИТМ

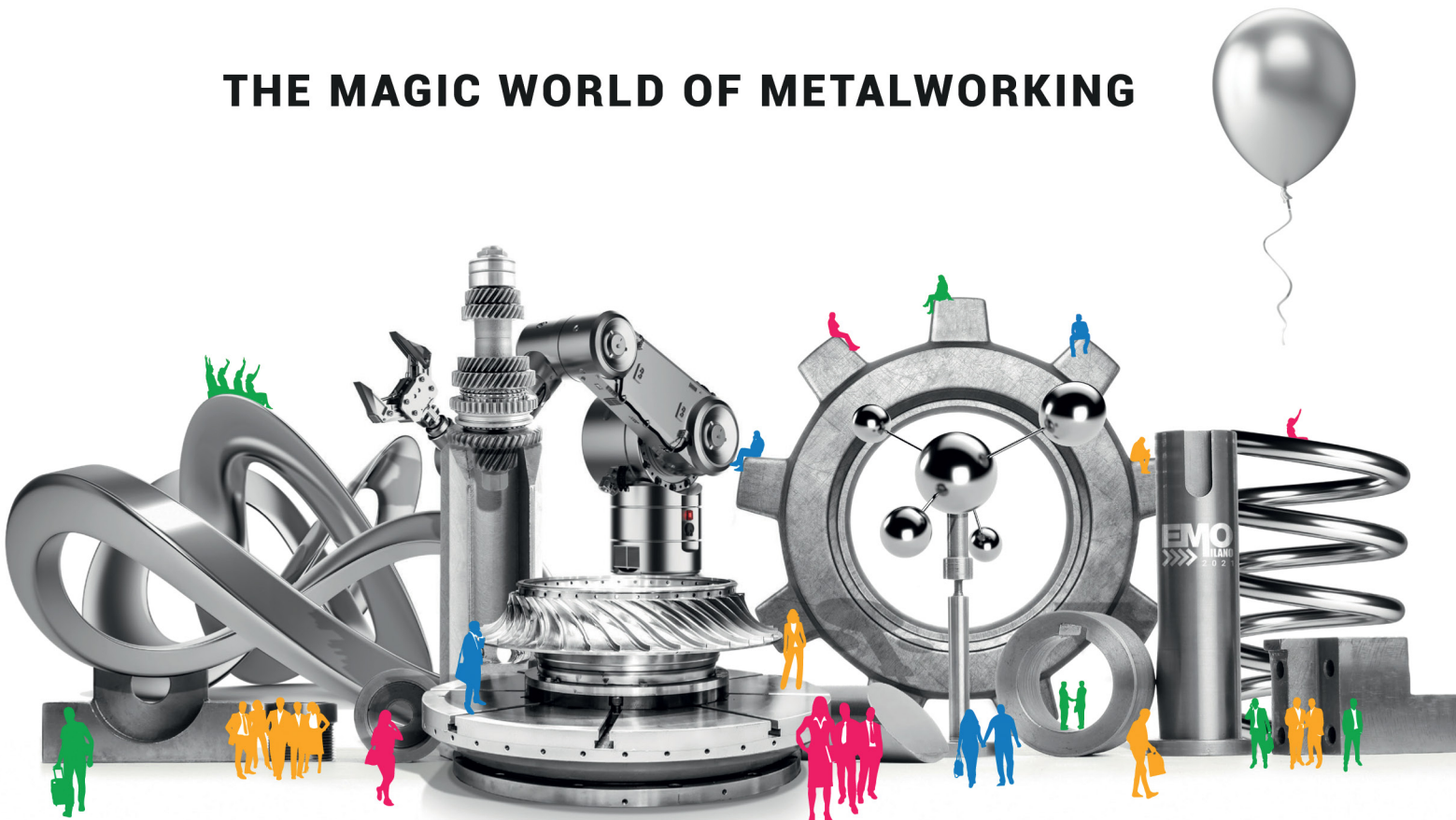
МАШИНОСТРОЕНИЯ '9  
2020



# EMO MILANO

2021  
fieramilano 4-9 October

THE MAGIC WORLD OF METALWORKING



[emo-milan.com](http://emo-milan.com)



FONDAZIONE UCIMU UCIMU



ITA ITALIAN TRADE AGENCY



FIERA MILANO

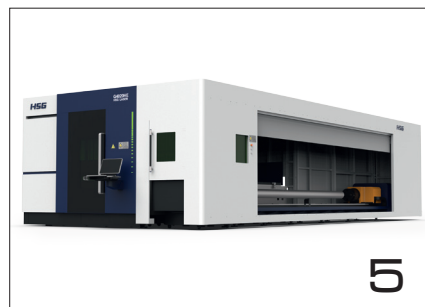
Find here all the information to plan your participation at EMO MILANO 2021





# СОДЕРЖАНИЕ

- 6**  
Заметки на полях деловой программы /  
Notes on the margins of the business program
- 10**  
Высокие технологии из Тайваня / High-tech from Taiwan
- 12**  
О развитии сварочной отрасли / About the development  
of the welding industry
- 13**  
Рынок принадлежит оптимистам / Market belongs to optimists
- 16**  
Цифровая трансформация промышленности —  
рост неизбежен / Digital transformation of the industry —  
growth is inevitable
- 19**  
Цифровизация: реальность и мечты /  
Digitalization: reality and dreams
- 22**  
Об отечественной системе ЧПУ / CNC system from Russia
- 24**  
Актуальность регламентации корпоративных цифровых  
трансформаций / Relevance of the regulation of corporate  
digital transformations
- 29**  
Цифровые модели в задачах управления  
машиностроительным производством / Digital models in  
production management of machine-building
- 34**  
Решение проблем производительности путем автоматизации  
контроля качества / Productivity problems solved by automating  
quality control
- 37**  
Оценка экономического эффекта применения современных  
методов диагностики технологического оборудования /  
Economic benefit assessment of using modern methods in  
technological equipment diagnostics



\* Фото на обложке из открытых источников

Издатель ООО «ПРОМЕДИА»  
директор О. Фалина  
главный редактор М. Копытина  
выпускающий редактор Т. Карпова  
дизайн-верстка С. Куликова  
руководитель проектов З. Сацкая

Отдел рекламы:  
Е. Пуртова, Е. Ерошкина  
О. Стелинговская  
консультант В.М. Макаров  
consult-ritm@mail.ru

**АДРЕС: 101000, Москва, Милютинский пер., 18А, оф. 36с, пом. 1**  
**т/ф (499) 55-9999-8 (многоканальный)**  
**e-mail: ritm@gardesmash.com**  
**https://www.ritm-magazine.ru**

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).  
Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-63556.  
(До 09.2015 журнал "РИТМ")

Тираж 10 000 экз.

Распространяется бесплатно на выставках и конференциях.

Перепечатка опубликованных материалов разрешается только  
при согласовании с редакцией.

Все права защищены ©

Редакция не несет ответственности за достоверность информации  
в рекламных материалах и оставляет за собой право на редакторскую правку  
текстов. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.

# БЕСПРЕЦЕДЕНТНОЕ КАЧЕСТВО СВАРКИ

# ОБНОВЛЁННАЯ СЕРИЯ ОПТИЧЕСКИХ ГОЛОВ FLW

Непревзойденная точность и  
широкий выбор опций

**FLW-D30-W**



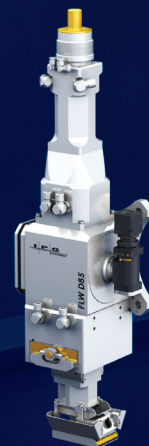
**FLW-D50**



**FLW-D50-W**



**FLW-D85**



## УВЕЛИЧЕННАЯ СКОРОСТЬ СВАРКИ И ОБСЛУЖИВАНИЯ

### Подробнее о серии

Малый вес оптических голов позволяет добиться непревзойденной точности позиционирования. Благодаря широкому набору конфигураций, фокусных расстояний и дополнительного оборудования, пользователь может подобрать оптимальный набор для решения любых задач лазерной сварки. Различные системы защиты и контроля позволяют радикально повысить качество данной операции.

### РЕШЕНИЕ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ

**NEW!** LDD-700

Система  
мониторинга

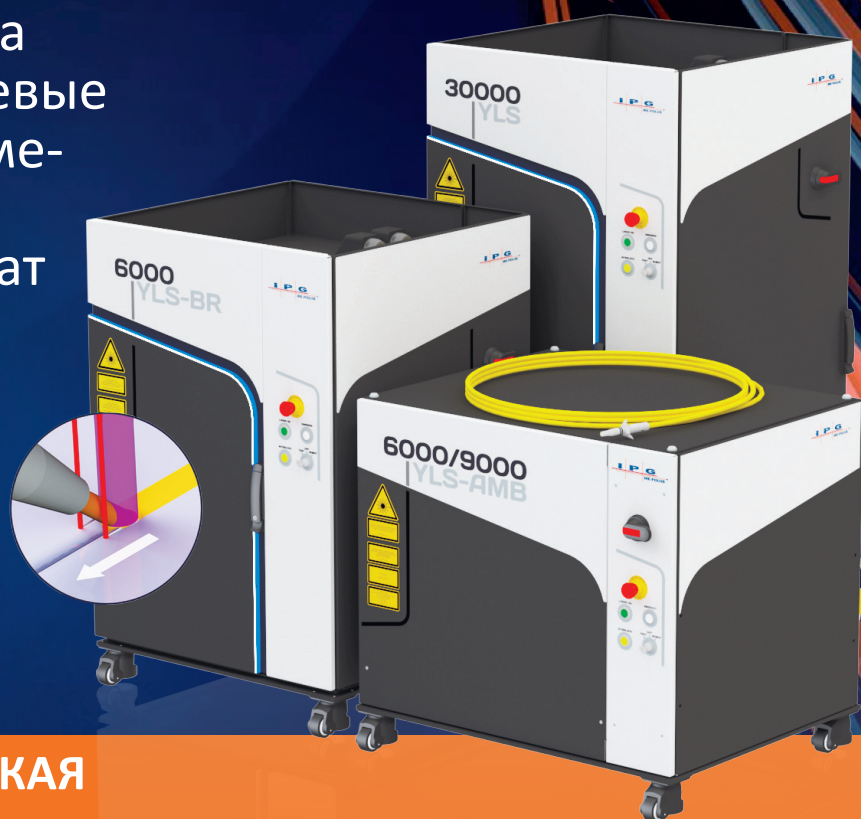
Система мониторинга LDD-700 использует инфракрасный лазерный луч малой мощности, который проходит через выходную оптику сварочной головы соосно с рабочим излучением лазера. LDD-700 позволяет контролировать качество сварного шва, обеспечивать слежение за швом, измерять глубину проплава, высоту и ширину сварного валика, выявлять дефекты сварных швов (выбросы, недостаточное заполнение) и др.





# НАДЁЖНОСТЬ И ПРОСТОТА УПРАВЛЕНИЯ НОВЕЙШЕЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ

Обновленная линейка лазеров YLS, трехлучевые YLS-BR и лазеры с изменяемым диаметром пучка AMB – обеспечат максимальную эффективность решений и легкую интеграцию



## ВЫСОКАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ



### Преимущества

КПД от розетки более 40%

Максимальная компактность

Отсутствие регламентных работ и простота эксплуатации

Расширенные режимы выходного излучения

Наибольший гарантийный срок и высочайшая надежность



Семейство чиллеров собственной разработки с оптимальными параметрами для лазеров и голов

Подробнее обо всех новинках Вы можете узнать у наших консультантов по e-mail и телефону:

+7 (496) 255 74 46; sales@ntoire-polus.ru

[www.ipgphotonics.com](http://www.ipgphotonics.com)



IRE-POLUS®

## РЕВОЛЮЦИЯ В РУЧНОЙ СВАРКЕ

Лидер в области мощных волоконных лазеров IPG Photonics Corporation выходит на рынок ручной сварки, чтобы предоставить простое и универсальное решение для промышленного сектора. Система LightWeld1500 позволяет добиваться максимальной эффективности процесса сварки, что недоступно при применении традиционных технологий.



Отличительные особенности LightWeld1500 — малый размер и вес, уникальная система воздушного охлаждения. Всё это достигается благодаря непрерывным инновациям IPG, которые позволяют увеличивать выходную мощность, при этом уменьшая форм-фактор из года в год. В отличие от сварочных аппаратов, использующих MIG и TIG-технологии, LightWeld1500 позволяет в разы увеличить скорость и качество сварки при меньших затратах на обучение персонала. LightWeld1500 обеспечивает высококачественные результаты в широком диапазоне материалов и толщин с существенно меньшим тепловложением и минимальной зоной термического влияния, не вызывая короблений, деформаций, подрезов и прожогов.

<https://lasersystems.ipgphotonics.com/>

## СИНЕЕТ, ЕСЛИ УДАРИТЬ

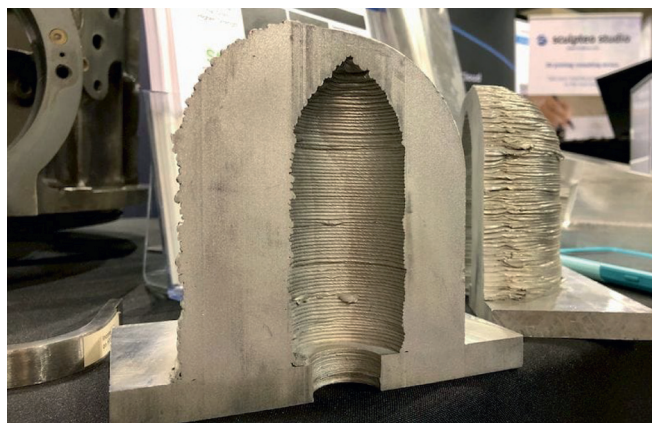
Ученые уже давно хотели создать материал, который мог бы, как и человеческая кожа, сигнализировать о своем состоянии через изменение цвета. Например, при проверке прочности авиационных материалов важно знать об их внутренних дефектах и повреждениях. Если бы материал менял цвет при образовании трещины или сильной деформации, специалисты могли без труда замечать это.

Научная группа из Корейского института науки и техники создала такой материал на основе спиропирана — вещества, которое при физическом воздействии изменяет химическую структуру и цвет. При введении спиропирана в бетон или силикон они начинают реагировать на деформацию, воздействие силы и повреждение. Предложив новый процесс получения полимера спиропирана, ученые на 850% улучшили механочувствительность

## ПОПОЛНЕНИЕ ЛИНЕЙКИ

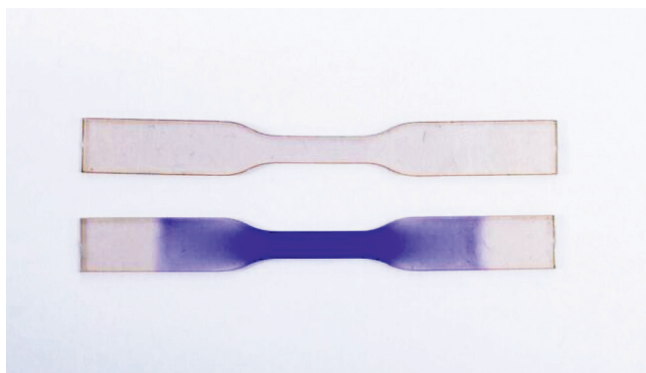
Американская компания MELD Manufacturing анонсировала новую промышленную аддитивную систему L3, основанную на технологии 3D-печати методом ротационной сварки трением. Возможный размер детали — до 1143×584×584 мм.

Технология, разработанная при содействии Института сварки Эдисона (EWI), имеет ряд преимуществ перед другими методами 3D-печати металлами, среди которых высокая производительность, безопасность, изотропность и плотность, широкий ассортимент расходных материалов в виде оцилиндрованных брусков, отсутствие необходимости в защитной атмосфере и возможность построения заготовок из нескольких металлов или сплавов. Так как процесс проходит в твердой фазе при низких температурах, ниже порога плавления, в получаемых заготовках отсутствуют остаточные напряжения. Разрешение печати невелико и требует механической постобработки изделий до готового вида, однако экономия материалов и времени существенна.



Пять лет назад компания использовала данную технологию для ремонта изношенных авиационных узлов подвески ракетного вооружения. Отремонтированные изделия служат до сих пор. Еще один пример — опытное производство композитной баллистической защиты из керамических броневых пластин, инкапсулированных в металле.

<https://3dtoday.ru>



материала по сравнению с ранее разработанными аналогами. Это позволяет использовать его в числе прочего в носимых датчиках и в качестве искусственной кожи.

[www.nanonewsnet.ru](http://www.nanonewsnet.ru)





## Разработка и поставка лазерно-оптических компонентов и оборудования

Готовые решения для лазерной обработки металлов с мощностью до 20 кВт



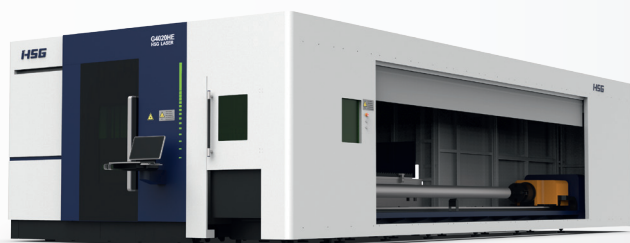
АО «ЛЛС» — официальный дистрибьютер HSG на территории России и стран СНГ

- ▶ Подбор оборудования для решения задач заказчика
- ▶ Демонстрация работы оборудования
- ▶ Подготовка образцов под требования заказчика
- ▶ Проведение ПНР и инструктажей персонала

### Комплекс лазерной резки листового металла HS-GC



Источник лазерного излучения IPG/Raycus мощностью **от 1 до 3 кВт**  
Зона обработки **до 13 000 x 2500 мм**  
Сварная станина весом **до 25 000 кг**  
Использование европейских комплектующих (Panasonic, Ophir, Alpha)  
Лазерная голова HSG, разработанная с учетом опыта немецких конструкторов



### Комплекс лазерной резки листового металла и труб HS-GHE

Источник лазерного излучения IPG/Raycus мощностью **от 3 до 20 кВт**  
Модульная конструкция рабочей зоны с полем **до 12 000 x 2500 мм**  
Усиленная станина марганцевой стали весом **до 45 000 кг**  
Использование европейских комплектующих — **Rexroth, Beckhoff Ophir, Alpha**  
Защитная кабина по европейскому стандарту безопасности

### Комплекс лазерной резки труб HS-TS65

Источник лазерного излучения IPG/Raycus мощностью **от 1 до 6 кВт**  
Возможность обработки всех видов труб и профилей  
Лазерная голова 3D для резки фасок  
Система автоматической загрузки и разгрузки труб  
Система поддержки и центрирования труб  
Функция скоростной резки **flying cut**  
Готовая база технологических решений



199034, г. Санкт-Петербург  
Биржевая линия, д. 16  
Технопарк ИТМО, офис 401

[lls-mark.ru](http://lls-mark.ru)  
[lenlasers.ru](http://lenlasers.ru)

+7(812)612-99-82  
[info@lls-mark.ru](mailto:info@lls-mark.ru)

## ЗАМЕТКИ НА ПОЛЯХ ДЕЛОВОЙ ПРОГРАММЫ

Только в августе открылась первая в стране онлайн-выставка по станкостроению «Станки-Экспо», и за минувшее время состоялось уже двенадцать видеоконференций деловой программы.

### НЕ ТОЛЬКО О СТАНКАХ И ТЕХНОЛОГИЯХ

Видеоконференции были разными по тематике, но участников всех мероприятий объединяло одно — желание поддержать и сохранить дискуссионную площадку для обмена актуальной информацией не только о преимуществах и особенностях представлявшейся продукции, но и по принципам и методам продвижения ее на рынке. И хотя, казалось бы, работая на одном рынке, все друг про друга всё знают, формат видеоконференции давал возможность донести до участников не только технические подробности, но и то, что не говорят во время переговоров о покупке-продаже продукции. Надо было видеть и слышать, как генеральный директор владимирского станкостроительного завода «Техника» Александр Пылькин сказал: «Конструкторский отдел — наша гордость!». Не на пустом месте рождается такая оценка отдела, сделавшего почти 600 проектов станков.

### НАУЧИЛСЯ ДЕЛАТЬ, НАУЧИСЬ ПРОДАВАТЬ

А какие страсти кипели на презентации АО «Вологодский подшипниковый завод»! Это единственный в стране завод, выпускающий прецизионные шпиндельные подшипники класса 2. Отдавая должное качеству продукции завода, участники видеоконференции сетовали на долгий срок изготовления, едва ли не сопоставимый со сроком изготовления станка. Чтобы не останавливать свое производство, потребителю приходится брать продукцию зарубежных производителей, и надо бы заводу иметь на складе запас подшипников разных типоразмеров. Понять потребителей можно, но, как известно, нельзя построить коммунизм в отдельно взятой стране: у Вологодского подшипникового те же проблемы, что и у других, — отсутствие оборотных средств. Кроме этой проблемы есть и другая, не менее острая и никак не зависящая от завода, — низкий спрос. Тем не менее, совершенствуя технологические компетенции, надо совершенствовать и умение продавать. Зарубежный подшипник приходит к потребителю в красиво упакованной коробочке со спецификацией внутри, а отечественный такого же класса, получается, не заслужил ничего, кроме промасленной бумаги. На вопрос обозревателя нашего журнала, как выглядит маркетинговая стратегия завода, последовал ответ, весьма, впрочем, у нас распространенный:

«Нас и так все знают». Не хочется морализаторствовать, но маркетинг тоже наука, многократно доказавшая свою необходимость.

### ПРИНЦИП ОДНОГО ОКНА

DMG MORI как лидера мирового станкостроительного рынка тоже все знают, тем не менее компания использует каждую возможность рассказать о достоинствах своей продукции. Неслучайно компания «ДМГ МОРИ РУС» тоже стала участником деловой программы интернет-выставки «Станки-Экспо». Последовал подробный рассказ о продукции Ульяновского станкостроительного завода, но обратил на себя внимание нарождающийся тренд, который существует в B2C-сегменте и называется принципом одного окна. «ДМГ МОРИ РУС» распространяет этот принцип на сегмент B2B, что кажется удобным для заказчика. Суть в следующем. Заказчик, например, говорит, что ему нужно изготовить вал электродвигателя. Производитель станка обращает внимание, что по технологии требуются еще и заготовительные операции, термообработка, шлифовка валов, их контроль. И выясняется, что всего этого оборудования у заказчика нет, и он еще собирается его приобретать. Это означает, что придется обратиться к нескольким поставщикам оборудования, что требует больших затрат времени и сил. И тогда «ДМГ МОРИ РУС», имея договоренности с производителями соответствующей продукции, может сразу закрыть потребность заказчика в оборудовании для всего технологического процесса изготовления вала электродвигателя.

### СТАТИСТИКА БЕЗЖАЛОСТНА

Видеоконференцию, темой которой стала презентация предприятий станкостроения Саксонии, предварило выступление директора интернет-выставки «Станки-Экспо» Алексея Пескова, поделившегося актуальной информацией.

Потребление оборудования в России в 2014–2019 гг. держится на уровне 70 млрд руб. ежегодно.

Производство металлообрабатывающего оборудования в 2019 году составило 16,7 млрд, что покрывает потребность в станках на 23%. Остальные 77% — это импорт.

Вклад станкостроения в ВВП России составляет 0,02%, в Германии 0,32%, что в 16 раз (!) больше. Вклад малых предприятий в ВВП России составляет 23%, в Саксонии этот показатель равен 93%.

Зинаида Сацкая



международная интернет-выставка

ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА ОНЛАЙН-ВЫСТАВКИ  
ПО СТАНКООБРАЗОВАНИЮ «СТАНКИ-ЭКСПО» на декабрь 2020 г.

8 декабря во вторник в 11-00 (мск)

**Онлайн-конференция «Презентации предприятий малого бизнеса»:**

1. «Технологии и оборудование для зубообработки «КСМ СПб».
2. «Инновационные разработки СКБ «Станкостроение».
3. «Высокотехнологические решения в области балансировки и вибродиагностики НТЦ «Завод балансировочных машин».

15 декабря во вторник в 11-00 (мск)

**Онлайн-конференция «Презентации литейных заводов»:**

1. Завод точного литья, г. Рязань.
2. Литейный завод «Петрозаводскмаш».
3. «Центролит», г. Гомель.

22 декабря во вторник в 11-00 (мск)

**Онлайн-конференция «Ремонт и модернизация станочного оборудования»:**

1. Презентация «АТ-Систем», г. Ижевск.
2. Презентация «Рязанский машиностроительный завод».
3. Презентация «Рязанское станкостроительное объединение».

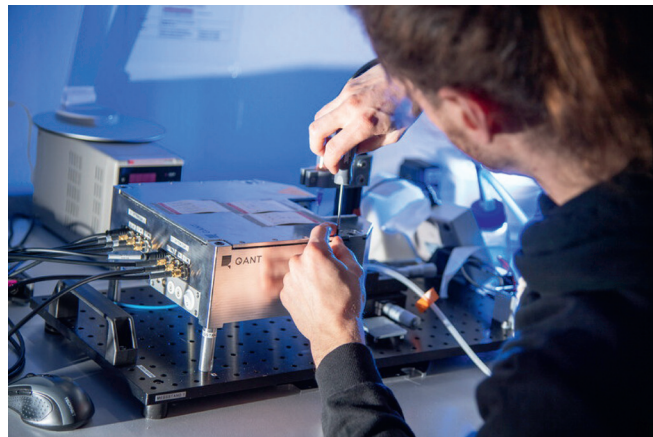


## ПЕРВЫЙ В МИРЕ КВАНТОВЫЙ ДАТЧИК

Компания Q.ANT, 100-процентная дочерняя компания TRUMPF, и компания SICK подписали соглашение о сотрудничестве в разработке квантово-оптических датчиков. Представители двух высокотехнологичных компаний намерены сделать квантовые технологии для датчиков доступными для промышленного использования. Компания SICK будет отвечать за разработку приложений и продажу продукта. Как специалист в квантовых технологиях, Q.ANT берет на себя производство измерительной техники и, следовательно, основной технологии сенсора. Подписанию предшествовало успешное функциональное испытание первого в мире квантово-оптического датчика для серийного производства.

Первоначально квантовые датчики будут использоваться для анализа веществ в воздухе, а в будущем могут стать повседневным оборудованием в различных отраслях промышленности. «Квантовая технология открывает огромные возможности для промышленности Германии и Европы. Квантовый датчик позволяет проводить высокоточные измерения и обеспечивать аналитическую информацию, которая приведет к совершенно новым промышленным применениям», — говорит Питер Лейбингер, технический директор TRUMPF.

Квантовая технология позволяет, например, проводить сверхбыстрые измерения движения и распределения частиц по размерам. Используя квантовые эффекты,



можно получить дополнительные детали из шумового сигнала, который до сих пор не мог быть измерен. Это позволяет измерять частицы, которые примерно в двести раз меньше толщины человеческого волоса. В гражданском строительстве квантовые технологии могут быть использованы для визуализации подземных сооружений до начала строительных работ. В фармацевтической промышленности они могут упростить определение наилучшего состава порошка в таблетках. В секторе электроники микросхемы можно было бы проверить через поверхность. И в целом в промышленности можно проводить высокоточные измерения.

Рынок квантовых датчиков может неуклонно расти в процессе промышленного использования. Эксперты Национальной академии наук и инженерии Германии (Acatech) оценивают объем мирового рынка промышленных квантовых датчиков примерно в 1,1 млрд евро к 2023 г.

По материалам компании TRUMPF

## РАСПРОДАЖА ОТ КЕМРПИ, КОТОРОЙ ЕЩЕ НЕ БЫЛО И НЕ БУДЕТ!

Успей купить легендарный  
**MASTER TIG**  
**MLS 2300 AC/DC**  
за **199 000 рублей!**

**ВНИМАНИЕ!**  
**ТОЛЬКО В 2020!**



Для приобретения сварочного оборудования обращайтесь по телефону +7(495)240-84-03, [info.ru@kemppi.com](mailto:info.ru@kemppi.com), а также к ближайшему дилеру

\* Стоимость указана без НДС. | Акция действует до 31 декабря 2020 г.

## ПЕЧАТЬ ПРИВОДНЫХ ВАЛОВ

Исследователи из Института производственных технологий Фраунгофера (IPT) разрабатывают новый аддитивный процесс 3D-печати специально для производства приводных валов. Этот метод, получивший название Express Wire Coil Cladding (EW2C) (экспресс-обмотка проволокой), был задуман как менее материалоемкая и более рентабельная альтернатива широко используемому процессу токарной обработки, который по своей природе является субтрактивным.

EW2C — это процесс 3D-печати, в котором в качестве сырья используется металлическая проволока и лазер для ее плавки. Хотя EW2C больше всего сопоставим с таким процессом, как WAAM, у него есть некоторые важные отличия: вместо того, чтобы подавать проволоку постоянно по мере необходимости, процесс EW2C предполагает наматывание проволоки (добавленного материала) вокруг существующего вала (подложки) по спирали, а затем ее приваривание с помощью лазера высокой мощности для образования оболочки, которую затем можно обработать для получения качественной поверхности.



Поскольку проволока изначально наматывается под натяжением, она практически не скользит, что, по имеющимся сведениям, улучшает стабильность процесса до 10 раз по сравнению с ранее разработанным в институте процессом лазерного осаждения материала (LMD). Кроме того, команда IPT обнаружила, что этот процесс позволяет сразу наносить толстые слои материала, и смогла успешно использовать проволоку толщиной 0,5–2 мм. В довершение всего новый метод позволяет согласовывать циклы поворотов заготовки. В ходе тестирования команда приварила спираль из Inconel 718 высотой 25 мм и толщиной 1,2 мм к стальному валу менее чем за минуту. Отмечается, что подобным образом можно использовать различные комбинации металлов и тем самым придавать специальные функциональные свойства поверхностям деталей и производить различные геометрические формы.

Исследователи из IPT уже подали заявку на патент для своего нового метода. Далее команда планирует исследовать создание более сложных объемных элементов с помощью комбинаций спиралей различной длины и современных проволочных материалов, а также оценить пригодность процесса как для сплошных валов, так и для полых тонкостенных труб.

[www.3dpulse.ru](http://www.3dpulse.ru)



## УЛУЧШИЛИ ТЕХНОЛОГИЮ

Ученые НИТУ «МИСиС» усовершенствовали технологию 3D-печати из алюминия, добившись повышения твердости изделий в полтора раза. Разработанная ими наноуглеродная добавка к алюминиевому порошку, полученная из продуктов переработки попутного нефтяного газа, позволит повысить качество напечатанных авиакосмических композитов. «Углеродные нановолокна имеют высокую теплопроводность, которая помогает минимизировать температурные градиенты между печатными слоями в процессе синтеза изделий на стадии селективного лазерного плавления. Благодаря этому микроструктуру материала практически полностью можно избавить от неоднородностей», — рассказал заведующий лабораторией, профессор НИТУ «МИСиС» д.т.н. Александр Громов.

Исследование проводилось совместно со специалистами Института катализа СО РАН.

<https://misis.ru/>

## ВНЕДРЕН НА ПРОИЗВОДСТВЕ



Кингисеппский машиностроительный завод ввел в эксплуатацию первый 3D-принтер, изготовленный на предприятии. Оборудование для изготовления стержневых форм получило название MVSB-AV-JET. Как сообщает начальник цеха аддитивных технологий ООО «КМЗ» Анатолий Уздимаев: «На оборудовании достигнута скорость печати в объеме не менее 150 квадратных метров в час. Максимальный размер полотна — 2000×1300 мм. В настоящее время оборудование работает в тестовом режиме. В будущем данную технологию предполагается использовать при производстве картеров и блоков цилиндров».

<http://www.kmz1.ru>



## 3D-ПРИНТЕР С 12 ЛАЗЕРАМИ

На выставке Formnext Connect компания SLM Solutions представила новый 3D-принтер печати металлом NXG XII 600. Эта долгожданная 12-лазерная машина, созданная для массового серийного производства, работает в 20 раз быстрее, чем стандартная одиночная система. Компания считает, что это «революция в промышленном производстве».



Благодаря 12 одновременно работающим лазерам мощностью 1000 Вт каждый, многочисленным технологическим инновациям и автоматизированным функциям NXG XII 600 стал более быстрым и надежным по сравнению со всеми остальными аналогичными устройствами. В основе машины лежит сочетание передовых технологий, обеспечивающих высокую производительность, с ультрасовременным управлением температурным режимом. Это сводит смещения к минимуму и позволяет клиентам печатать бесшовные шитые детали, используя до 12 лазеров.

Но речь идет не только о повышении выхода деталей за одну сборку: новая система SLM Solutions также способна печатать объекты значительно лучшего качества. Его конструкция оптимизирована для крупных изделий и производства, что идеально подходит для аэрокосмического и автомобильного секторов. Размер области построения машины достигает 600×600×600 мм.

Среди достоинств машины — процесс печати, который не требует опор, непревзойденная производительность в 10 000 кг деталей в год и отсутствие ограничений в отношении материалов. Устройство доступно с двумя различными вариантами обработки порошка: гравитационным и вакуумным, и оба позволяют свести к минимуму время простоя между каждым заданием.

3D-принтер также оснащен полностью новой оптической системой, которую компания считает самой компактной на рынке. Все 12 оптических элементов обеспечивают определение размера пятна с помощью двойных линз, что позволяет клиентам выбирать между различными размерами пятна в фокальной плоскости, увеличивая скорость выращивания до 1000 кубических метров в час и более.

Компания SLM Solutions считает, что ее машина NXG XII 600 обеспечит настоящее массовое производство при непревзойденно низкой стоимости каждой детали.

<http://3dmag.org>

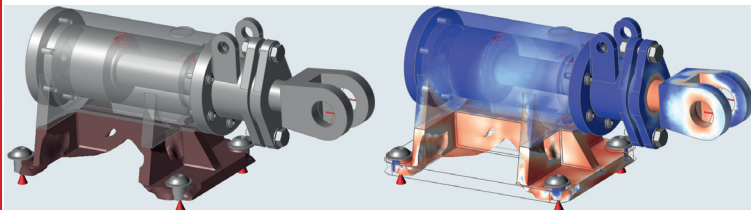


# МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ

Кафедра «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии» Московского политехнического университета специализируется на компьютерном проектировании технологии и создании её цифрового двойника (digital twin). Задача специализации — получение наилучшего совпадения результатов моделирования с результатами натуральных экспериментов. В своей работе сотрудниками кафедры применяется современное программное обеспечение, такое как «Т-Флекс», Inventor, QForm, AutoForm, Pam-Stamp, Altair HyperWorks, solidThinking Inspire, MatLab, Abaqus, Comsol и другое.

### ОСНОВНЫМИ НАПРАВЛЕНИЯМИ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТОК КАФЕДРЫ ЯВЛЯЮТСЯ:

- листовая и объёмная штамповка, выполняющаяся в холодном, полугорячем (тёплом) или горячем состоянии материала, процессы метизного производства;
- прокатка и профилирование;
- специальные процессы штамповки (с кручением, упругой средой, в условиях сверхпластичности, изотермическая, электромагнитная);
- механизация и автоматизация участковковки, штамповки и прокатки, специализированные мехатронные системы;
- аддитивные технологии и топологическая оптимизация для разработки гибридных изделий и штамповой оснастки;
- исследование свойств материалов для аддитивных технологий;



- повышение стойкости штамповой оснастки;
- машинное зрение и оптическое сканирование;
- кузнечно-штамповочное оборудование (молоты, прессы, сервопрессы);
- реологическое описание течения материалов и разработка математических моделей для сталей, цветных сплавов и композиционных материалов;
- трибологические особенности протекания процессов, выбор смазочных материалов и контактных пар трения.

### КАФЕДРОЙ ВЕДЁТСЯ ПОДГОТОВКА КАДРОВ ПО СЛЕДУЮЩИМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ ПРОГРАММАМ:

- «Машины и технологии обработки материалов давлением» (очное, бакалавриат, 15.03.01 Машиностроение);
- «Машины и технологии обработки металлов в метизных производствах» (очно-заочное, бакалавриат, 15.03.01 Машиностроение);
- «Аддитивные технологии» (очное, бакалавриат, 27.03.05 Инноватика);
- «Технологический инжиниринг в производстве художественных изделий» (очно-заочное, бакалавриат, 29.03.04 Технология художественной обработки материалов);
- «Технологический инжиниринг в обработке материалов давлением» (очное, магистратура, 15.04.01 Машиностроение);
- «Аддитивное производство» (очное, магистратура, 15.04.01 Машиностроение).



**Контактная информация:**  
115280, г. Москва, ул. Автозаводская, д. 16  
Тел.: +7/495/ 223-05-23, доб. 2344,  
e-mail: [omd.at@mospolytech.ru](mailto:omd.at@mospolytech.ru)  
Сайт: <https://old.mospolytech.ru/index.php?id=883>

# ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗ ТАЙВАНЯ

За последние десять лет благодаря совместным усилиям правительства и промышленности тайваньские станки завоевали место на международных рынках благодаря выдающемуся качеству и производительности. Тайваньские станки служат брендом и выражают дух «высоких технологий, точности, инноваций, глобального сервиса, прогресса и гибкости».

## Использование дистанционных технологий для создания новой модели интеллектуального производства

Революция коротких цепочек поставок и американо-китайская торговая война привели к миграции обрабатывающей промышленности. Ожидавшееся ранее восстановление экономики было задержано пандемией коронавируса, которая вынудила мировые обрабатывающие отрасли перейти к цифровизации. Тайваньские производители станков, такие как YCM, Goodway, Samrgo и др., используют технологию интернета вещей для передачи информации в режиме реального времени по цехам, включая такие данные, как производственная эффективность и состояние работы машины. Для обеспечения дистанционного контроля и управления (RCM) используются передовые приложения, такие как панель мониторинга и мобильные устройства. Персонал может решить проблему в режиме реального времени, зачастую не заходя в цех. Кроме того, просматривая экран в режиме split-screen (разделенный экран), можно управлять большим количеством машин с меньшими затратами рабочей силы. Помимо RCM использование дополненной реальности (AR) в 5G технической среде также предоставляет в индустрии бесконтактную модель управления. С помощью AR remote специалисты службы поддержки производителя могут обеспечить онлайн-поиск

неисправностей или решить проблему по ремонту оборудования с помощью визуальных инструкций, которые заменяют физический осмотр в мастерской. Для производителей профилактическое и прогнозирующее взаимодействие не только снижает ненужные ежедневные затраты на техническое обслуживание, но и может повысить точность контроля или предсказать, когда возникнет «узкое место» производства или отказ машины.

Достижения умного производства зависят не только от безлюдной среды. Требуется применение различных интеллектуальных инструментов и оборудования, программного обеспечения и человеко-машинных интерфейсов. Кроме того, необходимо улучшать интеграцию персонала и автоматизированных устройств в соответствии с требованиями производства. Сегодня мы живем в особую эпоху, когда создание новой модели управления для любого производителя особенно важно.

Имея прочную основу, тайваньская станкостроительная промышленность воспользовалась возможностью быстро перейти к интеллектуальному производству, заняв важное положение в глобальной промышленной цепочке с преимуществом объединения ресурсов цепочки поставок и рынков. По мере распространения эпидемии коронавируса по всему миру тайваньская Международная выставка станков (TMTS 2020), организованная тайваньской Ассоциацией производителей станков и аксессуаров (TMBA), будет преобразована в онлайн-выставку (TMTS Virtual). TMTS Virtual откроется 10 ноября этого года. Эта онлайн-выставка будет демонстрировать новейшие продукты, позволяя покупателям со всего мира взаимодействовать с экспонентами без учета часового пояса и границ. Теперь следуйте по стопам TMTS VIRTUAL и получите виртуальный опыт, посетив шоу в любом месте в любое время.

веб-сайт: [virtual.tmts.tw](http://virtual.tmts.tw)



Taiwan Smart Machinery  
**YOUR  
INTELLIGENT PARTNER**



Sponsored by:



Bureau of  
Foreign Trade



Taiwan Machine Tool &  
Accessory Builders' Association



[www.twmt.tw](http://www.twmt.tw)



# TMTS VIRTUAL

## Taiwan International Machine Tool Show

Visit Show  
Anywhere, Anytime!

Virtual Surrounding View



<https://virtual.tmts.tw/>



organized  
by

Taiwan Machine  
Tool & Accessory  
Builders' Association



sponsored  
by

Bureau of  
Foreign Trade



## О РАЗВИТИИ СВАРОЧНОЙ ОТРАСЛИ

Как и многие мероприятия этого года, выставка WELDEX/РОССВАРКА проходила с 13 по 22 октября в онлайн-формате. С одной стороны, WELDEX ONLINE–2020 предоставила специалистам-сварщикам возможность, не покидая предприятий и не рискуя здоровьем в разгар пандемии COVID-19, получить актуальную информацию обо всем самом новом и прогрессивном в мире сварки, резки, наплавки, а с другой стороны — через платформу «Вебинар» максимально эффективно пообщаться, обменяться опытом, рассказать о новостях и новинках.

Деловая программа, подготовленная конгрессно-выставочной компанией Nuve Group (ООО «Хайве Групп Россия») и организационным комитетом совместно с Московским межотраслевым альянсом главных сварщиков (ММАГС), Национальной ассоциацией участников рынка робототехники (НАУРП), Алюминиевой ассоциацией, компанией ESAB и другими, была интересна и отмечена словами благодарности и многочисленными положительными отзывами.



Фото: <https://weldex.ru/>

Но, пожалуй, самым важным событием стало общероссийское совещание «Проблемы сварочной отрасли в РФ и странах ЕАЭС и пути их решения. Что сделано в 2019–2020 г. и что предстоит сделать», во время которого состоялся серьезный разговор о проблемах и задачах сварочной отрасли. После заинтересованного обсуждения, в котором приняли участие специалисты более чем от 200 предприятий, был поддержан курс, определенный на общероссийском совещании прошлого года, и сформулированы решения, призванные поддержать развитие этой наиважнейшей технологии в России.

Так, собранием были выслушаны и поддержаны предложения выступавших:

- о возобновлении работы Научно-координационного совета (НКС) Минпромторга РФ по развитию сварки и родственных технологий, утвержденного приказом Минпромторга России № 3098 от 7 октября 2015 г.;

- об ускорении подготовки необходимых документов по возобновлению деятельности Научного совета по сварке при Президиуме РАН;

- о создании «Головного центра по сварке в судостроении».

Среди намеченных первоочередных задач выделены:

- создание Института сварки России, которому можно было бы поручить полномочия головной организации в области сварки и родственных технологий. В качестве базовых предприятий могут быть рекомендованы: Цен-

тральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей» имени И. В. Горынина, НИЦ «Курчатовский институт», С.-Петербург, научно-производственное объединение «ЦНИИТМАШ», Москва;

- включение в перечень критических технологий РФ дополнительного пункта:

- «П. 28. Сварка, родственные процессы и технологии для создания и ремонта технических систем ответственного и специального назначения, в том числе для эксплуатации при экстремальных условиях и низких климатических температурах Арктики и Крайнего Севера»;

- формирование государственной научно-технической программы «Развитие сварочного производства России на основе внедрения в производстве результатов фундаментальных, ориентированных и прикладных исследований, новых импортозамещающих материалов, оборудования и перспективных технологий».

В качестве обеспечительных и первоочередных мер было предложено считать целесообразным:

- направить вышеприведенные предложения в федеральные структуры исполнительной власти (ВПК, Министерство строительства, ГК «Роскосмос», ГК «Ростех» и др.) с предложением создания отраслевых головных организаций по сварке (по примеру Министерства транспорта и ГК «Росатом»);

- продолжать работы по организации региональных центров по сварке с конкретизацией решаемых задач;

- организовать межотраслевое взаимодействие в коллегии Военно-промышленной комиссии с созданием при ней совета руководителей ведущих организаций в области сварки;

- внести предложения по оптимизации системы аттестации сварочного производства и сварщиков НАКСом и другими классификационными органами (РМРС, РРР, ОЦССМ и др.) и возможности их взаимного признания.

В рамках работы НКС при Минпромторге РФ предложено:

- активизировать работу по гармонизации отечественных стандартов с международными. Обратиться в Росстандарт о передаче секретариата ТК 364 в Стандартинформ;

- инициировать проведение собрания по реорганизации деятельности РСНТО с избранием президента и обновленного состава вице-президентов;

- продолжить работу с участием широкого круга специалистов учебных заведений для выработки дорожной карты «Образование в сфере сварки».

Стоит отметить, что теме образования на совещании было уделено особое внимание. В стране идет постоянное сокращение числа инженеров-сварщиков, которые были бы в состоянии решать многие назревшие проблемы сварочного производства как на отдельных предприятиях, так и в отдельно взятых отраслях.

По результатам мероприятия был создан и подписан итоговый протокол общероссийского совещания сварщиков. В период между общероссийскими совещаниями деятельность по реализации протокольных решений будет осуществлять координационный совет (КС «Сварка», руководитель секретариата — генеральный директор ООО «Славянов» П. М. Димов).

**По материалам исполнительного секретариата координационного совета «Сварка»**



## РЫНОК ПРИНАДЛЕЖИТ ОПТИМИСТАМ

«Тайвань — Россия: надежное партнёрство в сложное время» — под таким девизом пршла онлайн-конференция при поддержке Совета по развитию внешней торговли Тайваня (TAITRA). В конференции приняли участие компании FEMCO, CHIN FONG, PALMARY, TONGTAI, HANNSA. Активность тайваньских компаний на внешних рынках принесла этой стране пятое место в мировом рейтинге экспортеров станков. Из чего складывается успех тайваньских станкостроителей, продукция которых широко представлена и на российском рынке? Об этом рассказывают в своих интервью участники конференции.



### ПОЙМАТЬ ВОЛНУ РОСТА

Компания PALMARY специализируется на проектировании и производстве различного шлифовального оборудования, такого как внутришлифовальные, круглошлифовальные, бесцентрово-шлифовальные, вертикально-шлифовальные и торцешлифовальные станки, а также станки для притирки клапанов. На вопросы журнала «РИТМ машиностроения» отвечает Дафни Чиу (Daphne Chiu), менеджер по продажам.

### Какова доля России в общем объеме продаж вашей компании?

На экспорт идет 80% продукции компании. Россия занимает пятое место среди мировых импортеров нашей продукции и является одним из важнейших потребителей шлифовальных станков.

### В каких отраслях российской промышленности наиболее востребовано ваше оборудование?

Продукция Palmary применяется во многих российских отраслях промышленности, в том числе аэрокосмической, автомобильной, медицинской, горнодобывающей и оборонной промышленности, а также в литейном производстве и зеленой энергетике. В последние годы растет спрос на интеллектуальное производство.

### Какие изменения внесла пандемия в бизнес-процессы в вашей компании?

Пандемия стала серьезным вызовом для мировой экономики. Новые условия потребовали от нас новых решений. Так, начиная с марта часть наших услуг доступна в онлайн-режиме, например, ежемесячные вебинары PALMARY Live для наших партнеров и потенциальных клиентов, посвященные возможностям нашего шлифовального оборудования. Получило новое развитие дистанционное послепродажное обслуживание, которое позволяет не только настраивать станки, но и устранять неполадки. Наши действия сегодня определяют наше будущее. Поэтому мы поддерживаем общение с клиентами через социальные сети (Facebook, Instagram, Twitter, LinkedIn), рассказываем им о своей продукции и новых технических решениях в сфере шлифования на YouTube-канале PALMARY. Одновременно с этим продолжаем совершенствовать нашу компанию, рационально управлять производством и разрабатывать новые модели машин, чтобы поймать новую волну роста.

### Какими вам сегодня видятся перспективы развития вашей компании?

Пандемия COVID-19 вызвала самую серьезную экономическую рецессию почти за столетие, глобальные перспективы весьма неопределенны. Тем не менее мы считаем, что спрос на станки начнет возвращаться со второй половины 2021 года. Наша задача сейчас помочь клиентам модернизировать их объекты с помощью автоматизации и интеллектуального производства



### ИСПОЛЬЗОВАТЬ ТОЧКИ РОСТА

Компания TONGTAI известна как производитель токарных станков с ЧПУ, обрабатывающих центров, специализированных технологических машин и производственных решений «под ключ», а также предоставляет клиентам интеллектуальные производственные решения с использованием технологий

IoT, CPS, FMS и MES. На наши вопросы отвечает Джолли Ву (Jolly Wu), заместитель руководителя по продажам.

### Выставка «Металлообработка» в этом году не состоялась. А что вы собирались на ней показать?

Мы планировали представить три модели станков: многозадачный токарный центр TD-2000YBC, пятиосевой обрабатывающий центр CT-350 и вертикальный обрабатывающий центр VP-8.

### В чём ваша «фишка»?

Как вы, вероятно, знаете, Тайвань не только является промышленным кластером с гибким производством, но и отлично зарекомендовал себя в сфере информационно-телекоммуникационных технологий. Развивая Индустрию 4.0 и умное производство, наша компания предлагает клиентам интеллектуальные решения задач автоматизации планирования, интеллектуальных производственных линий или гибкого производства. Более того, используя систему Tongtai Line Management, клиенты могут удаленно управлять производственной информацией со своих мобильных устройств.

### Как часто вы выводите на рынок инновационные решения? Что интересного удалось сделать в этом году?

Для нашей компании это процесс непрерывный. Индустрия 4.0 или, как принято говорить на Тайване, умное производство является важнейшим вектором развития. TONGTAI обладает комплексным решением, которое может использоваться как на одном станке, так и на производственной линии. В этом году на Тайване мы запустили собственную интеллектуальную производственную линию. Благодаря ей станки и интеллектуальное программное обеспечение объединяются в единую производственную линию, которая позволяет загружать все данные в онлайн-базу и интегрируется с MES, CRM, SCM и ERP программами клиента.

### Как вы оцениваете влияние пандемии на станкостроительную отрасль Тайваня в целом?

В нынешней ситуации происходит обновление и усиление отрасли — слабые компании покидают рынок, а сильные игроки остаются и укрепляют свои позиции, используя новые точки роста. Мы из числа сильных.

## КАК ВЫБРАТЬ ПОСТАВЩИКА — РЕАЛИИ ВРЕМЕНИ

Резко изменившаяся реальность на фоне неутраченной пандемии COVID-19 заставляет всех приспособляться к новым условиям жизни и работы. Особенно критичны изменения для действующих производств ответственной продукции, работающих в рамках жесткого планирования, рисков и ответственности. Сбои в цепочках продаж и поставок, сроках выполнения заказов зачастую диктуют регулирование в «ручном режиме», ставя под сомнение возможность, эффективность, целесообразность. Редакция журнала «РИТМ машиностроения» благодарит всех, кто делится с нами и нашими читателями своими мыслями и опытом, анализирует не только возникающие трудности и пути выхода из нестандартных ситуаций, но отмечает новые возможности для развития. В данной статье знакомимся с наблюдениями Анны Цыганцовой — исполнительного директора компании—лидера в области разработки и производства лазерного оборудования для обработки материалов ГК «Лазеры и аппаратура».



**когда тебе нужно найти исполнителя на какую-то работу производственного характера и как не попасть впросак при выборе контрагента.**

А что у нас в текущей ситуации? Во-первых, увеличилось количество недобросовестных поставщиков на рынке. Не говоря о ситуации «мы им оплатили аванс, а они исчезли», теперь в совершенно разных сферах можно при поставке оплаченного вами изделия обнаружить, что это совсем не то, что было на картинках, которые вам показывали при заключении договора и совсем не по тому ТЗ, которое вы прописывали. Тут я говорю, конечно, не о поставках большого числа мелких позиций (например, вы закупаете пневматику), а про более дорогие изделия. При выборе поставщика теперь нужно трижды перепроверить, что вам будут поставлять. Если вы покупаете у представителя (даже если он вам показал сертификат официального представителя) — обязательно уточните у производителя, что это точно авторизованный поставщик, иначе при поставке вас может ждать сюрприз. Ну и, конечно, если закупка конкурсная — не пренебрегайте требованиями по наличию опыта, квалифицированных сотрудников и прочего — максимально четко прописывайте требования не только к товару, но и к поставщику.

Во-вторых, выбираете поставщика — **выбирайте при прочих равных того, кто ближе**. Мы привыкли к тому, что можно быстро прилететь куда угодно, смотаться в соседнюю страну одним днем. Мы привыкли вон даже Беларусь не считать за отдельное государство — в Минск летали по внутренним паспортам, рейсы несколько раз в день. А теперь такой перелет превращается чаще всего в непреодолимое препятствие. Да, грузы ходят, но если

покупать станки, то мы должны принимать во внимание, что понадобятся сервисные инженеры на запуск и на обслуживание. Поэтому, выбирая поставщика приборов, станков, выбирайте тех, кто, по крайней мере, с вами в одной стране и лучше — чтобы вместе со своим производством.

В-третьих, многие за последние годы привыкли к ситуации, что очень небольшое число позиций есть на складах — часто даже копеечные вещи приходится везти под заказ. Если лет пять назад типичной была ситуация «все есть или, в крайнем случае, можно привезти в течение пары-тройки недель», то сейчас так уже не работает. Мало кто готов замораживать на складах оборотные средства. Пандемия еще усугубила проблему — теперь сроки поставки увеличились вдвое-втрое, а многих поставщиков уже просто нет (еще в апреле работали, а в октябре закрылись). Почему такая ситуация со сроками? Прежде всего, конечно, тут дело в особенностях ковида — люди болеют не по три-пять дней — у них больничные по 2–4 недели, а еще есть самоизоляция и карантин контактных (их в статистике нет, но их гораздо больше) и т.п. Иногда приходится сажать на карантин целое подразделение. В результате все предприятия в регионах, где большое число заболевших, испытывают значительный дефицит специалистов (не вообще, а в моменте, но так уже несколько месяцев) — это и у нас в стране, и в других странах. Получается, что **для того чтобы сделать что-то за то же время, что и раньше, нужно потратить в два-три раза больше усилий и существенно больше средств**. А если ставится задача удержать цену в разумных пределах, приходится двигать сроки. И это не чья-то прихоть. Поэтому нужно быть готовым к тому, что **либо сильно дороже, либо медленнее, но зато**

Пожалуй, большую часть этого года, когда мы все выходили на связь с нашими коллегами, партнерами, да и просто знакомыми, обычный вопрос «Как поживаете?» из дежурной вежливости превратился в запрос сводки оперштаба. Обычно за ним теперь стоит: «Вы там вообще живы?»

В самом деле, весь период с весны и по настоящий момент ты не знаешь, что ждет при звонке и старому, и новому поставщику — ответит ли он на звонок? Ты заплатил аванс — а он тебе сможет привезти заказанное? Сайт есть, последние новости публиковались не так давно, а на письма не отвечают... Ну и так далее. Трясет и лихорадит всех, и все друг с другом за последнее время много делятся тем, какие у кого сложности. Из сообщений официальных лиц в СМИ мы слышим про падение в 4, ну 6–7%. Одновременно есть данные по собираемости основных налогов — и там падение по разным оценкам — 30–40%. Это, конечно, куда больше похоже на правду, увы. Но я хочу поговорить о том, **как быть в текущей ситуации,**



**стоимость будет похожа на прежнюю.** Это сейчас нужно понимать при заказе чего угодно: нарушение сроков — объективная реальность, и часто это происходит совершенно не по вине поставщика. Но теперь это нужно закладывать в свой срок производства — если раньше ты рассчитывал на цикл поставки в четыре недели — теперь это будет 8–10. Увы, все стало медленнее, а еще приходится быть постоянно готовым к тому, чтобы очень быстро что-то изменить, искать запасные пути.

Мы все знаем, что отлаженное производство — это отлаженное снабжение. А за эти месяцы сюрпризов нам не преподнесли разве что поставщики металлопроката да совсем уж старые партнеры, у которых, однако, тоже много своих сложностей. Заводы, которые раньше грузили все только оптовыми партиями, так затягивают сроки поставки, что заказчик не может дожидаться своего изделия неделями (а ему дальше надо интегрировать это изделие в состав чего-то более сложного!), а представители, потеряв надежду, честно отвечают: не знаем, что там, но размещать заказы перестали, давайте искать замену, выбрать аналог позиции, если вы не готовы ждать еще два месяца. А сколько раз вы это услышите, и вам придется это сделать, если у вас сложное изделие!

Как теперь выбирать поставщика, особенно если вы заказываете крупную позицию? Заплатишь аванс — через три месяца придешь, а там уж нет никого. И не потому, что люди мошенники. Я бы, глядя на то, что происходит, обратила внимание на следующее.

Выбираете поставщика — не ограничивайтесь чтением присланных материалов, **поезжайте на производство посмотреть, сколько людей работает и что происходит.** Да, сейчас ездить стало менее удобно, но тут уж приходится выбирать между рисками. Просите показать вам производственную площадку. Причем не на рекламных фото или на видеотрансляции из другой страны, а вживую. Чем дальше это производство — тем больше риск.

При этом хочу обратить внимание: даже если вы были у поставщика пару лет назад и хотите возоб-

новить сотрудничество — все равно стоит съездить и посмотреть, какие у него сейчас возможности. Дело в том, что ряд малых предприятий пошли по такому пути — они сократили большую часть рабочих, площади, распродали станки, которые были, оставили только основных разработчиков, а все производство у них на аутсорсе. Если вы увидели такое — это повод для получения дополнительной информации. Стороннее производство — меньше контроля. Производство на стороне сложного изделия — значит, исполнителей, скорее всего, несколько. А если кто-то подведет, сделает некачественно или в процессе возникнут сложности и придется что-то заменить? Почему так делают — понятно: обороты упали, проекты откладываются, а людей кормить надо, аренду никто не отменял, помощи нет, налоговая лютует. Какой выход? Ну, в том числе такой, но тогда нужно просить вас рассказать и показать все про процесс изготовления вашего станка.

Есть предприятия, которые идут по другому пути. Он сложнее, рисков и обязательств больше, но тем не менее они не сокращают людей и производство, а начинают перестраивать его, искать какие-то другие способы стабилизации объема производства и выручки. Мы, например, у себя увеличили долю как раз контрактного производства. У нас в группе компаний есть предприятие «Лазеры и технологии», оно всегда было частично загружено нашим собственным планом, а частично — как раз контрактным производством. Сейчас контрактного больше, ну и мы ведем активно процесс дооснащения.

Кстати, тут есть интересный момент: к нам стали много обращаться предприятия, которые раньше занимались поставками разных приборов, устройств и прочего из-

за рубежа, а теперь не могут этого делать (курсы валют, проблемы с поставками из-за локдаунов и прочего). Некоторые принимают решение производить в России — рынок есть, понимание его есть, знание продукта есть. К нам приходят как с готовой документацией, так и с прототипом со словами «вот он, нужно такой же, только делать в России, и мы не хотим ввязываться в проблемы изготовления, мы хотим, чтобы нам все сделали в одном месте». А там не только металлообработка, там еще и сопутствующие операции, и электромонтаж, испытания и куча разного другого. **Вообще это здорово — взамен разрушенных выстраиваются новые связи.**

В общем, если вы приедете на предприятие и обнаружите, что оно пошло по этому пути — можно быть вполне спокойным: даже сейчас произвести там точно есть кому и есть на чем.

Ну и, наконец, еще один момент, на мой взгляд, сейчас все более и более актуальный: **не вкладываться в более дешевое оборудование** (где, кстати, рисков больше, чем при поставке более дорогого), **а отдать часть производственного процесса на аутсорс.** Выгоды понятны — вы не рискуете с замораживанием средств, не играете в рулетку «заработает — не заработает», не задаетесь вопросом, что делать с оборудованием, если вдруг перестанете производить какую-то позицию. Мы, кстати, в связи с этим за последнее время сильно расширили перечень оказываемых услуг — как в области классической механообработки, так и, например, в области микрообработки (работа с керамикой, поликоном, кремнием, арсенидом галлия); раньше мы проводили только лабораторные эксперименты, а сейчас начали активно предоставлять услугу по изготовлению партий.

Заниматься производством, особенно у нас, всегда было чем-то сродни первооткрывательству. А сейчас так и вовсе мы в условиях мореплавателей XV-XVI столетий: карт нет, приборов для определения долготы нет, глубину меряем по месту, провизия и вода в дефиците, люди работают на пределе возможностей, да еще и шторм постоянно. Это же все за гранью возможного, но люди это делали, находили способы. Я не знаю, согласитесь ли вы со мной в сравнении, но мне кажется, что перед нами всеми сходная задача — всегда быть начеку, быть готовым к любому повороту, поддерживать друг друга, постоянно придумывать запасные варианты... и идти вперед несмотря ни на что.

Необходимость автоматизации в российской промышленности с целью роста производительности труда много лет стоит на повестке дня. Отечественные производства, не внедряя новые технологии, в т.ч. цифровые, не смогут занять достойное место на мировом рынке и конкурировать с его лидерами. Цифровизация в России — это уже не только дискуссионный тренд, но и осознание острой ее необходимости, пока небыстрые, но важные первые шаги, понимание направления движения и развития. В данном проекте подобраны последние новости и представлены материалы экспертов, которые разносторонне освещают эту важную тему.

# ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ — РОСТ НЕИЗБЕЖЕН

Весь мир переживает цифровой бум, который захватывает многие сферы жизни, включая промышленность, которая всегда консервативна в отношении инноваций. С цифрами и фактами не поспоришь. Статистика подтверждает неуклонное развитие, опросы — пристальный интерес, поддержка со стороны правительств — понимание важности для роста экономики. Эксперты спорят о терминах, обсуждают стандарты, представляют впечатляющие проекты. Данная новостная подборка отражает темпы развития, ускоряющие и сдерживающие факторы, важные события.



Фото: <https://publikacje.siemens-info.com>

### Мировая статистика

По данным аналитиков Fortune Business Insights, к 2026 году мировой рынок промышленной автоматизации вырастет до суммы в \$300 млрд, показывая совокупный среднегодовой темп роста около 8,5%. Понятие промышленной автоматизации включает в себя множество элементов, таких как программируемые контроллеры (PLC), системы безопасности, SCADA-системы, приводную технику, ЧПУ, КИП, MES-системы и связанные программные продукты. Смежными областями являются также насосы и моторы, робототехника, системы погрузочно-разгрузочных работ, программное обеспечение для управления цепочками поставок, системы автоматизации зданий, низковольтная коммутационная аппаратура.

Ключевые игроки рынка, среди которых Siemens, Emerson, ABB, Schneider Electric, Rockwell Automation Futomation, Mitsubishi Electric и др. сосредоточены на

поглощениях и сотрудничестве в области внедрения новых технологий, которые позволят поднять качество производимой продукции и снизить издержки на производство. Во главу ставится концепция Industry 4.0, внедрение которой позволит потребителям активнее использовать технологии промышленной автоматизации, увязывать все имеющиеся системы в единую систему управления производством. Именно использование новейших технологий, по мнению аналитиков, и станет главным драйвером роста рынка промышленной автоматизации. Наиболее сдерживающим фактором для многих предприятий, в первую очередь оборонных, как и раньше, будет проблема кибербезопасности.

По прогнозам аналитиков исследовательской компании MarketsandMarkets, мировой рынок решений для «Индустрии 4.0» в 2019 г. составил \$71,7 млрд. В ближайшие годы он будет расти в среднем на 16,9% в год и к 2024 г. достигнет \$156,6 млрд. В списке востребованных промышленными предприятиями решений интернет вещей, искусственный интеллект, промышленная метрология и робототехника, дополненная и виртуальная реальность, блокчейн, 3D-печать, цифровые двойники и сети 5G. Аналитики отметили, что сейчас развитие рынка «Индустрии 4.0» происходит в основном за счет расширения использования промышленного интернета вещей. На второе место в ближайшие годы выйдет промышленная робототехника, поскольку стоимость роботов снижается, процесс их программирования упрощается, в том числе и таких сложных функций, как машинное зрение. Кроме того, предприятиям не хватает квалифицированных рабочих, и это также один из важнейших стимулов увеличивать роботизацию производства.

<https://www.tadviser.ru>

### А что в России?

Исследования российского рынка носят преимущественно качественный характер. Так, в августе 2019 г. Deloitte совместно с Центром стратегических разработок в рамках проекта «Текущее состояние и перспективы развития производственного сектора в России — 2019» провели опрос представителей промышленных компаний самых разных отраслей. Как выяснили аналитики, основными внутренними барьерами для развития компаний являются физическая (ее отметили 33% респондентов) и моральная изношенность (31%) оборудования, а также использование устаревших технологий (29%). Участники исследования уверены в необходимости технического перевооружения (51%) и внедрения технологий (50%) для повышения конкурентоспособности своей



продукции. Тем не менее собственные НИОКР в 2018 г. проводили только 31% компаний, и 37% планируют заняться им в 2019–2020 гг.

Наиболее популярными направлениями инновационной деятельности на производственных предприятиях в 2019–2020 гг. являются: приобретение передового оборудования и машин (58%); обучение персонала передовым технологиям и инновациям (54%) и приобретение технологий (42%). Почти половина компаний (43–46%) планирует внедрить большие данные, роботизацию бизнес-процессов и искусственный интеллект, хотя на текущий момент они встречаются в производственном секторе достаточно редко — только у 14–16% компаний. Также промышленные предприятия планируют внедрять умное производство (56%), полностью автоматизировать бизнес-процессы (55%) и использовать технологии энергосбережения (48%).

Наибольшее сдерживающее влияние на внедрение передовых технологий и цифровизацию на предприятиях производственного сектора, по мнению респондентов, оказывает несовместимость передовых технологий с имеющимся оборудованием (56%) и недостаток финансирования (54%). Значимыми факторами, которые выбрали почти треть респондентов, оказались также проблемы с персоналом, такие как недостаток квалифицированных кадров (33%) и недостаток мотивации у руководителей высшего звена (29%).

23 сентября 2020 года стало известно о том, что организация «Цифровая экономика» совместно с Минпромторгом России и ГК «Цифра» провели исследование, направленное на выявление наиболее актуальных проблем и последствий пандемии COVID-19 для российской промышленности, а также препятствий для цифровизации производств. Главным препятствием на пути цифровизации промышленности, как и в предыдущем случае, опрошенные компании видят в высокой стоимости проектов по цифровой трансформации. Две другие актуальные проблемы — изначально низкий уровень автоматизации и цифровизации и недоверие со стороны персонала, сопротивляющегося изменениям, — действуя на компании одновременно, порождают замкнутый круг недоверия к технологиям.

По данным исследования, помочь в преодолении озвученных проблем поможет, в первую очередь, обучение персонала работе с цифровыми сервисами и повышение компьютерной квалификации (34% опрошенных отметили это как первоочередную меру). Второй способ преодоления проблем на пути цифровизации — это предоставление финансовых льгот и послаблений бизнесу со стороны государства (29%). Третий способ — модернизация производства и создание предприятиями комплексных стратегий цифровизации (21%). Поправки в нормативное регулирование как способ решения проблем промышленности назвали 18% респондентов.

Опрос также показал, что вопросы безопасности на производстве, сохранение здоровья работников и обеспечение защищенности бизнеса не являлись первоочередной задачей предпринимателей, более важной задачей было сохранение производства. При этом произошедшие изменения показали, что главным ресурсом предприятий являются люди.

Вероятно, в связи с тем, что главными проблемами для компаний (помимо высокой стоимости ИТ-решений) являются вопросы, связанные с цифровой зрелостью со-

трудников и руководителей организаций, а также общий низкий уровень автоматизации — предприятия особо интересуются как раз технологиями повышения эффективности работников через цифровые технологии управления.

С точки зрения предприятий для полноценного развития цифровой экономики от государства ожидается помощь прежде всего в виде создания благоприятных экономических условий для того бизнеса, который реализует цифровую трансформацию, содействия подготовке кадров и повышению квалификации имеющихся сотрудников, выделения субсидий/льготных кредитов на проекты цифровой трансформации и создания среды для появления отечественных поставщиков цифровых решений.

<https://www.cnews.ru>, <https://www.tadviser.ru>

### Цифровизация в России и COVID-19

Пандемия не только подтолкнула мир в сторону цифровой трансформации, но и тяжким бременем легла на экономику многих стран. Тем не менее компания IDC уточнила в октябре свой прогноз перспектив развития российского ИТ-рынка, сменив его на менее пессимистический по сравнению с апрельским. Если одно время аналитическая компания предполагала, что по итогам 2020 года падение российского ИТ-рынка (включая поставки ИТ- и телеком-оборудования, а также софта и ИТ-услуг) может превысить 30% в долларовом выражении (по сравнению с 2019 г.), то теперь считает, что общий объем этого рынка сократится лишь на 8,2%. При этом, по оценкам аналитиков, облачные услуги — одно из самых динамичных направлений развития российского рынка ИТ. А переход на цифровые форматы и ужесточение требований к эффективности труда вынуждают организации и предприятия активнее автоматизировать бизнес-процессы.

Также эксперты IDC отметили, что в современном мире бизнес-процессы быстро устаревают, отсюда вытекает необходимость ускорения разработки корпоративных приложений. Среди прочего данные IDC показывают, что COVID-19 послужил ускорителем для таких сегментов рынка облачных услуг, как IaaS (Infrastructure as a Service — «Инфраструктура как услуга») и PaaS (Platform as a Service — «Платформа как услуга»).

[www.tadviser.ru](http://www.tadviser.ru)

### ИТ-рынок в России

Аналитический центр TAdviser совместно с фондом «Сколково» и инновационным центром «Ай-Тек» создали карту компаний—разработчиков решений для цифровизации промышленных предприятий.

В ходе работы над картой были сегментированы основные бизнес-процессы промышленных предприятий, собраны и распределены по сегментам поставщики, предлагающие решения для их цифровизации. На карте собраны основные процессы промышленного предприятия: логистика, управление производством, обучение персонала, промышленная безопасность и другие. Для каждого процесса подобраны разработчики ИТ-решений. Такое разделение упрощает поиск наиболее релевантных решений и позволяет значительно сэкономить время при изучении возможностей цифровизации производства, — отмечает Антон Пронин, директор по акселерации кластера информационных технологий фонда «Сколково».

[www.tadviser.ru/images/0/0a/ITsolutions\\_final.jpg](http://www.tadviser.ru/images/0/0a/ITsolutions_final.jpg)

## О стандартизации

Цифровизация является одним из стратегических направлений развития как в бизнесе в целом, так и в промышленном секторе в частности. Правительство поддерживает множество инициатив, способствующих развитию цифровых технологий на территории страны.

5 августа 2020 года стало известно об утверждении первых стандартов цифровой промышленности в России. Они разработаны техническим комитетом «Киберфизические системы» на базе РВК при поддержке Минпромторга РФ.

Как отмечается в сообщении ведомства, стандарты направлены на эффективное внедрение цифровых технологий в российскую промышленность, развитие качественных и независимых решений, а также на обеспечение их совместимости.

Перечень утвержденных стандартов:

- ПНСТ «Умное производство. Двойники цифровые производства. Часть 1. Общие положения»;
- ПНСТ «Умное производство. Двойники цифровые производства. Часть 2. Типовая архитектура»;
- ПНСТ «Умное производство. Двойники цифровые производства. Часть 3. Цифровое представление физических производственных элементов»;
- ПНСТ «Умное производство. Двойники цифровые производства. Часть 4. Обмен информацией»;
- ПНСТ «Умное производство. Двойники цифровых производств. Элементы визуализации цифровых двойников производства»;
- ПНСТ «Умное производство. Унифицированная архитектура OPC. Часть 1. Общие положения»;
- ПНСТ «Умное производство. Интерфейсы для ухода за автоматизированной машиной. Часть 1. Общие положения»;
- ПНСТ «Умное производство. Интероперабельность единиц возможностей для промышленных прикладных решений. Часть 1. Критерии интероперабельности единиц возможностей согласно требованиям к применению»;
- ПНСТ «Умное производство. Интероперабельность единиц возможностей для промышленных прикладных решений. Часть 2. Шаблоны возможностей и каталогизация программных блоков»;
- ПНСТ «Умное производство. Интероперабельность единиц возможностей для промышленных прикладных решений. Часть 3. Верификация и валидация интероперабельности единиц возможностей».

В дальнейшем актуализированный Министерством промышленности и торговли России и Росстандартом «Перспективный план по стандартизации в области передовых производственных технологий на 2018–2025 гг.» предусматривает разработку свыше 120 нормативно-технических документов, регулирующих сквозные технологии современной цифровой промышленности. Кроме традиционных областей: интернета вещей, промышленного интернета вещей, больших данных, искусственного интеллекта, умного производства, киберфизических систем — план дополнен новыми направлениями, среди которых стандарты в области дополненной реальности, а также электронной проектно-конструкторской и эксплуатационной документации. Документ предложен рабочей группой по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров НТИ «Технет» совместно с техническим комитетом «Киберфизические системы», созданным на базе РВК.

<https://www.tadviser.ru>, <https://fea.ru>

## Платформа цифровизации промышленности России

2 сентября Союз отечественных товаропроизводителей сообщил о запуске крупнейшего проекта: платформа цифровизации промышленности России. Платформа получила название «ИНКОНА». Проект объединяет множество задач, цифровизация которых стала насущной проблемой для множества предприятий. На ней можно найти:

- информационную среду для управления знаниями персонала;
- сервисы по мониторингу технической информации и документации;
- всю информацию по вопросам управления качеством продуктов;
- функции логистической поддержки пользователей.

Единая база создана отечественными разработчиками и призвана ускорить процесс цифровизации во всей стране. Множество компаний получит возможность использовать платформу для дальнейшего развития. По данным аналитиков, введении платформы «ИНКОНА» в эксплуатацию позволит создать ежегодный прирост ВВП около 3,7% в год. Дальнейшее развитие и модернизация платформы может увеличить данные показатели.

<https://young.minpromtorg.gov.ru>

## Дорожная карта развития 5G

В ноябре в рамках заседания президиума Правительственной комиссии по цифровому развитию под председательством вице-премьера Дмитрия Чернышенко была утверждена дорожная карта развития мобильных сетей связи пятого поколения. Ответственными исполнителями дорожной карты станут: «Ростех» — в части создания российского оборудования связи 5G, ПАО «Ростелеком» — в части построения сетей связи 5G и развития сервисов на их основе.

В рамках бюджетных средств, предусмотренных на реализацию дорожной карты, из федерального проекта «Цифровые технологии» 21,463 млрд рублей будет направлен на производство российского оборудования связи для сетей связи 5G/IMT-2020 и обеспечение его серийного выпуска. Данные средства будут предоставлены «Ростеху» в качестве целевой субсидии на 2021–2024 гг. На конверсию радиочастотного спектра для сетей связи 5G заложено финансирование в размере 7,393 млрд рублей в рамках федерального проекта «Информационная инфраструктура».

Дорожная карта развития 5G была разработана «Ростехом» и ПАО «Ростелеком» в рамках соглашения, подписанного компаниями с правительством РФ в июле 2019 года.

Стоит напомнить, что в июле 2019 г. правительство РФ и крупные российские компании подписали ряд соглашений о развитии цифровых технологий, в рамках которых стороны должны были разработать соответствующие дорожные карты. Так, каждая технология получила «куратора» из числа компаний: «Сбербанк» стал ответственным за искусственный интеллект, «Ростех» — за квантовые сенсоры, блокчейн и интернет вещей, «Ростелеком» и «Ростех» — за беспроводные технологии связи (5G), «Ростелеком» — за квантовые вычисления, РЖД — за квантовые коммуникации.

<https://www.rostec.ru>

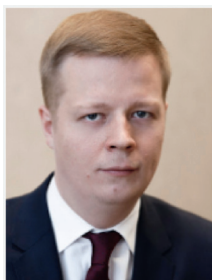
Обзор подготовила Татьяна Карпова



# ЦИФРОВИЗАЦИЯ: РЕАЛЬНОСТЬ И МЕЧТЫ

«ЗАВОД, ОСНОВАННЫЙ НА ДАННЫХ: ПРОИЗВОДСТВО, ЦИФРОВОЙ СЕРВИС И ПРОМЫШЛЕННАЯ АНАЛИТИКА ПОД ОДНОЙ КРЫШЕЙ» — ТАК НАЗЫВАЛСЯ ОЧЕРЕДНОЙ ОНЛАЙН-ФОРУМ «ИННОПРОМА». ОРГАНИЗАТОРЫ ПОСТАВИЛИ ЦЕЛЮ С ПОМОЩЬЮ ЭКСПЕРТОВ РАЗОБРАТЬСЯ, НАСКОЛЬКО ПРАКТИКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ СТАЛА РЕАЛЬНОСТЬЮ ИМЕННО В ПРОМЫШЛЕННОСТИ.

## ПОЗИЦИЯ ГОСУДАРСТВА



Банки, ритейл давно продают и покупают данные, научились превращать их в деньги, тогда как в промышленности картина не столь радужная. Об этом красноречиво говорят статистические данные, которые привел в своем выступлении Владимир Дождев, директор департамента цифровых технологий Министерства промышленности и торговли РФ. Он сказал, в частности,

что в промышленности используется не более 2% всех собираемых данных по всем параметрам, касающимся как экономики, так и производственных показателей. А главное, собирается не более 5% всех данных, которые могут представлять интерес для руководства компании, для ее бизнес-блока и производственного сектора. К факторам, тормозящим цифровизацию, Дождев отнес консервативность промышленных предприятий по соображениям безопасности. Существует боязнь резких движений с запуском пилотных проектов, связанных с аналитикой, к тому же любые изменения в производственном процессе могут быть критичны. К тому же, по мнению представителя Минпромторга, мало кто из руководителей даже крупных и средних предприятий промышленности видит экономическую выгоду от таких моделей ведения бизнеса. Поскольку бизнес за все новые решения голосует рублем, сначала нужно дать компании возможность понять, ради чего вообще собирать данные с датчиков, станков, с сотрудников, с производственного персонала, систем видеоаналитики и т.д. В этом смысле те пилотные проекты, которые есть сейчас в разных отраслях, в том числе в машиностроении и ОПК, это хорошее подспорье, чтобы на живых примерах, в цифрах оценить, какое новое качество может принести в бизнес работа с данными. Министерство собирает и анализирует успешные проекты, и портал министерства можно расценивать как их витрину. Серьезный сдерживающий фактор — недостаток финансовых ресурсов, поскольку сбор данных предполагает наличие необходимой инфраструктуры, внедрение систем, которые формируют базу для работы с данными. Владимир Дождев считает, что подставить финансовое плечо — задача государства в лице Минпромторга и Минцифры. Вот эти две основных функции государства — просветительская и регуляторная, с одной стороны, и финансовая — с другой — вполне могут стать драйвером необходимой экономике цифровизации.

## МЕЖДУ ДОВЕРИЕМ И КИБЕРРИСКАМИ

Интересная информация аккумулируется в Ассоциации интернета вещей. Как рассказал директор ассоциации Андрей Колесников, промышленные предприятия



получают субсидии на внедрение цифровых платформ, средств анализа данных и т.д. Это говорит о том, что в стране такие платформы существуют, но «отсутствуют решения, которые объединяют участников в единый цифровой производственный жизненный цикл». По мнению Колесникова, это не столько вопрос технологий, сколько вопрос привычки, доверия, выяснения,

кто главный и чья платформа круче. Цифровой процесс вовлекает множество участников, — а сложное изделие всегда предполагает множество участников на уровне поставщиков, на уровне логистики и диспетчеризации и проч. — и пока эти цифровые цепочки кооперации разорваны. Это, на взгляд Колесникова, связано с некоей культурой, с неким доверием между участниками. Есть и технологическая проблема — совместимость форматов данных. В мире, по словам Колесникова, происходит стандартизация цифровых форматов данных, чтобы множество систем могло работать друг с другом. Мы же пока живем в период цифрового феодализма, когда каждый делает цифровую платформу.

## КИБЕРИММУНИТЕТ ПРОТИВ КИБЕРРИСКОВ



Открывая большие возможности, цифровизация несет в себе и киберриски, поэтому актуальна задача обеспечения достоверности данных, их защиты на протяжении всей цепочки. По словам Андрея Суворова, гендиректора НПО «АПРОТЕХ», скорее всего, нас ждет серьезное изменение ландшафта киберрешений. Дело в том, что раз-

витие систем кибербезопасности всегда шло вдогонку. При появлении нового типа уязвимости киберкомпания старались решить это за счет дополнительного функционала и говорить о появлении на рынке нового решения. При переходе к промышленному интернету вещей такой подход не работает. К примеру, у датчика есть ограничение по вычислительной мощности, по питанию, которое к нему можно подвести, а датчик при этом является критическим элементом очень сильно взаимосвязанной системы. Если на крупном промышленном предприятии тысячи единиц промышленного оборудования требуют подключения, причем не одним датчиком, то постановка на такие датчики так называемого наложенного средства защиты будет означать, что все эти небольшие разумные датчики будут выполнять только функции безопасности, и тогда надо забыть про те сценарии использования, за которые голосуют бизнесмены. «Мы сейчас интенсивно работаем над тем, чтобы термин «кибербезопасность» заменить на «кибериммунитет», — сообщил Суворов.

— Переход к принципам иммунитета позволяет сделать так, что если в рамках полезной модели использования шлюза или датчика не предусмотрена возможность записи и исполнения какого-то кода, то сразу будет следовать блокировка. Эта инновация международного класса имеет большой экспортный потенциал. Поддержка наших коллег по линии цифровизации промышленности страны и кооперация с Siemens дает нам уверенность в том, что это иммунное устройство увидят не только на российских предприятиях».

### SIEMENS В ПОМОЩЬ

Рассказы о конкретных кейсах не могли обойти вниманием тему влияния пандемии. Отчетливо звучала мысль, что пандемия активизировала сектор работы с большими данными, поскольку заставила многие предприятия апробировать новые системы мониторинга, сбора данных и принятия решения на их основе. Констатируя, что сегодня цифровизация — дело недешевое, участники сошлись во мнении, что по мере развития технологий происходит их удешевление, как это было с компьютерами, мобильными телефонами и т.д.



Оптимистично прозвучало утверждение Александра Каплунова, директора по маркетингу Тверского станкостроительного завода «СтанкоМашКомплекс», что возможности цифровизации доступны абсолютному большинству небольших предприятий. Малому бизнесу проще пробовать что-то новое благодаря гибкости процессов внутри организации и готовности к изменениям. Как говорит Александр

Каплунов, особенно актуальны облачные решения, позволяющие быстро подключиться к сервисам и платить только за необходимые функции и время использования. Чтобы на практике познакомиться покупателю первого станка с цифровизацией, дать ее «пощупать». «СтанкоМашКомплекс» вместе с Siemens и консалтинговой компанией GlowByte бесплатно подключает их к пилотному проекту. Открытая облачная платформа MindSphere для промышленности от Siemens, или операционная система IoT MindSphere, предоставляет открытый интерфейс, безопасный доступ и подключение через промышленные шлюзы Siemens всего в несколько кликов, а в новых станках «СтанкоМашКомплекс» уже предусмотрена возможность подключения к сервису. Отчет о работе оборудования разработан компанией GlowByte. С его помощью можно контролировать плановые и неплановые простои, отслеживать общие показатели эффективности производства в динамике и оценивать потенциал снижения себестоимости продукции.



Когда очередь дошла до самой компании Siemens, представитель компании Сергей Соловьев, руководитель центра компетенций «Цифровое производство», подтвердил, что есть ряд условий цифровизации, связанных с инфраструктурой, с достижением определенного базового уровня. В то же время, по его мнению, мы находимся сейчас в

уникальной ситуации, потому что в основе большинства аналитических систем и сложных цепочек, позволяющих построить комплексную, сложную цифровую кооперацию, лежит серьезный математический аппарат. И вот здесь-то наша математическая школа могла бы сказать свое слово, которое позволило бы совершить скачок от простого понимания целей цифровизации, важности данных, аналитических инструментов к реальной цифровизации, к новым бизнес-моделям. Правда, школа есть, а достаточного числа квалифицированных кадров нет.

### ДЕШЕВО ИЛИ ДОРОГО?

Несколько спикеров высказали мнение, что в цифровизации мы лет на пять отстаем от мира. Но также прозвучало и мнение, что догоняющему иногда легче — он избежит многих ошибок, которые делали первопроходцы.



Есть несколько видов систем сбора и анализа данных: локальные, автономные, облачные, edge-класса. Как говорит Тагир Ахмедзянов, основатель и директор компаний «Ризель Инжиниринг» и «Ризель Цифровые Технологии», каждая из них имеет свои капитальные затраты, наиболее эффективные области применения. Если смотреть по критерию дешевизны создания, то именно облачные технологии поз-

воляют создавать решения дешево. Речь о так называемом performance-contracting. «Фактически предприятие может получить решение с капитальными затратами в ноль рублей», — утверждает Ахмедзянов. Большая часть компаний-разработчиков начинает создавать решения, которые предоставляются в качестве сервиса, что избавляет потребителя от больших первоначальных затрат и позволяет платить по мере их использования. Именно по этой причине решения становятся дешевыми. «Используя облачную технологию MindSphere от Siemens, мы разработали решение для одного крупного производителя насосного оборудования, заказчику, которого это решение не стоило ни копейки, — рассказал Тагир Ахмедзянов. — Суть в предоставлении насосного оборудования заказчику бесплатно и переход на оплату работы этого оборудования как услуги. Иными словами, потребитель платит исключительно за факт полезной работы этого оборудования — какой объем воды и на какую высоту подан. И уже сам производитель оборудования решает, каким образом обеспечить сервисные работы, чтобы оборудование не простаивало». Но наибольшего роста эффективности, по словам Ахмедзянова, можно достичь, если трансформировать свое производство. Для этого надо рассматривать технологии цифровизации не только как возможность снижения операционных затрат, но в первую очередь как возможность получения будущих доходов.

### КАК ВПИСАТЬСЯ В МЕЖДУНАРОДНУЮ КООПЕРАЦИЮ?

Для участников сессии было очевидно, что технологии анализа данных будут иметь решающее значение в международной конкуренции. Где место российских компаний в этом процессе?





### ОНЛАЙН-ОПРОС ЭКСПЕРТОВ

Во время сессии был проведен онлайн-опрос, на котором аудитории были предложены следующие вопросы:

«Определяя приоритеты цифровой трансформации в сфере глубокой обработки данных, вы бы выбрали прежде всего:

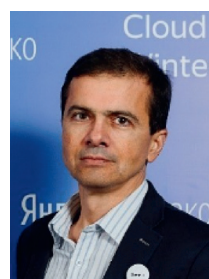
- 1) команду, способную обеспечить сбор и монетизацию данных;
- 2) поддержку инициативы со стороны основного акционера и генерального директора;
- 3) наличие понятных сценариев цифровых сервисов и похожих проектов;
- 4) организационную и финансовую поддержку со стороны органов власти или финансовых институтов;
- 5) проработку вопросов киберрисков при подключении к промышленному оборудованию.

Победителем стал вопрос «наличие понятных сценариев цифровых сервисов и похожих проектов». Поровну набрали «поддержка инициативы со стороны основного акционера и генерального директора» и «проработка вопросов киберрисков при подключении к промышленному оборудованию». Иными словами, как сказал модератор сессии Атон Атрашкин, «голосуют прежде всего за положительные изменения, за бизнес-сценарии, но не забывают про риски».

По мнению Владимира Дождёва, есть два взгляда на проблему — разработчика и предприятия. С одной стороны, любые платформенные решения должны предоставлять возможность участия разработчиков на недискриминационных началах в создании собственного прикладного сегмента приложений, потому что каждый собственник озабочен вопросом его создания, безопасности, поддержания в должном состоянии. Но тогда надо отдавать себе отчет в том, что это будет препятствием для единого системного решения. У нас есть масса локальных продуктов, но выход на международную кооперацию предполагает готовность к единым протоколам, позволяющим сделать открытыми глобальные платформенные решения для разработчиков прикладных решений, которые впоследствии на тех или иных началах становятся доступными всем заказчикам. Что касается предприятий, то для них главное — это обмен опытом. Важно, чтобы предприятие имело возможность действительно посмотреть и оценить то, что уже создано. «Главное для нас в любых операционных проектах, в том числе международных, — это создание общего продукта, может быть, его экспансия впоследствии в третьи страны с тем, чтобы создаваемая добавленная стоимость и возникающая новая интеллектуальная собственность распределялись в зависимости от вклада тех или иных участников процесса. Чтобы те продукты, которые конгломераты и консорциумы генерируют, действительно приносили пользу и глобальным игрокам, и маленьким, зачастую микрокомандам разработчиков, которые хотят и могут сделать свои решения доступными во всех точках мира», — считает Владимир Дождёв как представитель государства.

### ИЗОЛЯЦИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИ НЕЭФФЕКТИВНА

Своим мнением о том, как экономически эффективно создать свои сервисы, приложения аналитики промышленных данных, на основе которых происходит цифровая трансформация в компаниях, поделился Дмитрий Соколов, эксперт по продукту «Цифровое производство» Siemens. Во-первых, важно не только то, как работает, например, станок и предективная аналитика на нем, очень важно увязывать собираемые промышленные данные с



тем, как это влияет на бизнес. Во-вторых, тренд на углубление разделения труда продолжается, цепочки будут удлиняться, производственная специализация будет углубляться, закрыться в своем коконе будет невозможно. Обмен данными будет необходим, и нужно будет строить открытые экосистемы, в которые каждый производитель и поставщик решений вносит свою долю. Обмен

данными дает мощную синергию. В-третьих, трансформация, создание новых сервисов на основе данных — это процесс непрерывный. Любому предприятию, которое занимается аналитикой данных, нужно иметь возможность добавлять новые инструменты, новые сервисы вместе с партнерами или самостоятельно. За таким подходом будущее.

### «ЧЕРНЫЙ ЛЕБЕДЬ» В РОЛИ УЧИТЕЛЯ

Резюмируя дискуссию, участники высказали мнения о том, как дальше будут развиваться технологии анализа данных и что можно сказать тем руководителям, для которых эта модель пока не очевидна. «Черный лебедь» в виде пандемии помог сфокусироваться на внедрении цифровых технологий, создании автономных, безлюдных производств. Возникло понимание пользы от внедрения цифровых сервисов работы с данными, и необходимо сделать разработку и внедрение таких сервисов простыми и доступными. В самое ближайшее время компании будут активно заниматься стандартизацией, поскольку широкое разнообразие решений, протоколов и платформ не позволит быстро занимать новые рынки. Пандемия преподнесла наглядный урок: неподключенные активы, неподключенное оборудование, неподключенные производственные системы выпадают из кооперационных цепочек. Это ключевой резон для того, чтобы перейти к активному внедрению цифровых технологий. Как образно выразился Тагир Ахмедзянов, предприятию надо решить, будет оно Uber или будет таксистом.

**Зинаида Сацкая**

Фото: <https://innoprom.com/innoprom-online/>

## ОБ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СИСТЕМЕ ЧПУ

В 2016 году широко обсуждалась задача, поставленная Минпромторгом РФ, по созданию отечественной системы ЧПУ на отечественной компонентной базе. Модели систем с разной степенью локализации, выполненные как при поддержке государства, так и в рамках развития продуктовой линейки ведущими отечественными компаниями, демонстрировались на выставках и обсуждались в СМИ. На вопросы редакции о том, что нового появилось за прошедшие четыре года относительно информационного затишья, рассказал ведущий разработчик отечественных систем ЧПУ, генеральный директор компании «ИНЭЛСИ», кандидат технических наук Евгений Валерьевич Красильникьянц.



### Создана ли отечественная СЧПУ на российской компонентной базе? Стоит ли на текущий момент такая задача?

Думаю, на данный момент можно сказать, что отечественная система ЧПУ создана.

Нашей компанией реализована цифровая модульная СЧПУ IntNC PRO, в МГТУ «Станкин» по заданию Минпромторга РФ разработана «Перспектива», фирма «Числовая механика» предлагает «Ресурс-30», фирма «Мехатроника» анонсировала УПАК MNC и др. Без наличия экспертной оценки неясен пока ответ на вопрос, как соотносятся эти разработки между собой и по отношению к импортным решениям. Рекламные заявления изготовителей требуют проверки на современном оборудовании. Назрела необходимость организации технологического аудита разработанных отечественных систем ЧПУ, и в дальнейшем предлагается осуществлять его регулярно, например, раз в два года, с целью выявления и поощрения наиболее перспективных разработок. Таким образом, на повестке дня более актуальной является задача оценки сделанного, а не создания новых вариантов.

### Догнали или отстаем от западных разработок по функциональности и удобству эксплуатации?

Если ориентироваться на простые и даже средние модели, можно сказать — догнали, а вот в классе Hi —

End наблюдается отставание. Для повышения результативности работ в этом сложном направлении необходимо выделить 2–3 предприятия, показавшие наилучшие результаты по тематике создания СЧПУ, и оказать им целевую поддержку путем заказа НИОКР, что позволит повысить уровень изделий, наполнить рынок конкурентной продукцией нового качества.

### В каком направлении идет развитие СЧПУ?

Здесь нет какого-то своего, особенного пути развития и он повторяет мировой опыт: внедрение собственных высокоскоростных цифровых интерфейсов реального времени, создание полностью комплектных систем, совершенствование средств конфигурирования, разработки и отладки, развитие средств технологической подготовки, расширение спектра технологического оборудования и т.п.

### Какие запросы у пользователей? Под какие задачи и на какое оборудование чаще всего вы устанавливаете системы?

В нашем последнем интервью я говорил о необходимости создания отечественной СЧПУ, способной на равных конкурировать с зарубежными аналогами. В последнее время станкостроительные заводы ставили перед нами задачу замены на современных металлорежущих станках импортного производства систем ЧПУ Siemens, Fanuc, Heidenhain без потери качественных характеристик и функциональных возможностей. Оценка полученных результатов велась путем прямого сравнения двух станков с разными комплектами СЧПУ. Такие работы были выполнены для 5-осевого вертикально-фрезерного станка KB184 (АО «КЭМЗ»), 9-осевого токарно-фрезерного центра КТС 4000 (АО «КЭМЗ»), 4-осевого вертикально-фрезерного станка «Фотон Ф5» (ООО «ПЗМЦ»), 4-осевого токарно-фрезерного центра Maxxturn 65MY (ООО «Эмко-Рус») и др. По результатам проведенных испытаний заводы подтвердили достижение требуемых результатов и готовность устанавливать предложенный вариант СЧПУ.

Продолжаем выполнять работы по модернизации отечественного металлообрабатывающего оборудования типа: высокоскоростной обрабатывающий центр «Супер-Центр ИС630», горизонтально-расточные станки ИС2А637ПФ4, ИС1400ПМФ4, круглошлифовальные станки ЗК152ВФ2 и др.

### Есть ли какие-то особенные задачи?

#### Приведите примеры.

Разрабатывая систему ЧПУ, мы строили ее на базе цифровой модульной платформы системы управления движением. Это позволяет нам выполнять работы по созданию систем управления специальным оборудованием. Так, для одного из предприятий ГК «Роскосмос» изготовили систему управления 24-осевым высокоскоростным ткацким станком для производства многослойных технических тканей, готовится проект по изготовлению тканых турбинных лопаток. Готовится к внедрению 6-лучевой лазерный центр с общим числом управляемых осей до 25. Для ряда предприятий ГК «Росатом» мы оснастили управлением станки для намотки углеродной



нити. Реализован проект управления 6-осевым антропоморфным роботом под специфические задачи отрасли.

### **Отечественные станкостроители проявляют внимание к вашей работе? Есть ли конструктивный диалог?**

Да, станкостроители понимают необходимость отечественной конкурентоспособной СЧПУ и периодически обращаются к нам с различными вариантами сотрудничества, проверяя тем самым наши заявления о достигнутом уровне разработки. К сожалению, такое взаимодействие носит разовый характер, что негативно сказывается на экономической конкурентоспособности отечественной продукции. Вместе с тем есть партнеры, которые активно участвуют в тестировании наших разработок, формируют свои замечания, презентуют работающее оборудование под управлением СЧПУ IntNC PRO, размещают информацию на своих сайтах, за что мы им благодарны.

Проблема заключается в том, что внедрить отечественную СЧПУ в рыночных условиях, конкурируя с мировыми лидерами Siemens и Fanuc, практически невозможно. Даже при готовности станкостроителей устанавливать отечественную СЧПУ на свои модели станков промышленные предприятия как заказчики блокируют такое решение и требуют импортных СЧПУ. Их интерес противоположен требованиям импортозамещения и повышения технологической независимости. Рыночные отношения противоречат повышению качества импортозамещения. Являясь разработчиком СЧПУ, мы не можем найти предприятие для ее серийного изготовления. Ответом рядом потенциальных изготовителей является фраза «А кому мы ее будем продавать?». В результате возникает ситуация, которая без вмешательства государства не решается уже много лет. В этой связи требуется более действенные меры по запрету применения иностранных систем ЧПУ, стимулирования спроса на отечественные СЧПУ на внутреннем рынке. Другими словами, необходимо создать условия, когда не станкостроители должны уговаривать потребителей устанавливать на свои станки отечественные СЧПУ, а потребитель искал бы вариант покупки станка с российской системой ЧПУ.

### **Государство диктует требования, помогает?**

«Стратегия развития станкоинструментальной промышленности на период до 2035 года» правильно оценивает сложившуюся ситуацию, выделяя в приоритетных направлениях проводимой промышленной политики в области станкоинструментальной продукции создание российской системы ЧПУ. К мерам стимулирующего развития можно отнести последние постановления правительства РФ № 719 и 1206, которые ориентируют предприятия на увеличение доли отечественных комплектующих. Дополнительно к запретительным мерам по применению импортных систем ЧПУ необходимо разработать меры поддержки совместных проектов по оснащению импортного технологического оборудования лучшими отечественными системами ЧПУ.

Дополнительным стимулом развития отрасли может стать предложение о создании станкостроительных кластеров в ряде государственных корпораций, таких как «Ростех», «Росатом» и др. Это позволило бы корпорациям решить внутренние проблемы с диверсификацией ряда предприятий, направить их работу не только на общегражданский рынок, но и на специфические

задачи отрасли, а также оживить конкурентную среду в станкостроительной отрасли. Такие кластеры, имеющие поддержку крупных госкорпораций, могли бы стать локомотивами развития станкостроительной отрасли, попутно решая многие внутрикорпорационные проблемы. Тем более, что некоторые корпорации, понимая перспективность и важность этого рынка, уже начали этот процесс. В качестве меры поддержки таким кластерам можно на определенный период предоставить статус единственного поставщика в рамках своей госкорпорации. Это позволит получить гарантированный рынок продаж на период развития и достижения конкурентоспособности.

### **Какие планки развития своих СЧПУ вы ставите перед собой?**

Планкой является достижение технических характеристик и функциональных возможностей топовых моделей СЧПУ ведущих зарубежных компаний.

### **Помощь нужна или привыкли рассчитывать на себя?**

Помощь нужна для решения вопросов внедрения разработанной системы ЧПУ. Это сложные организационные задачи, затрагивающие ряд различных проблем, и здесь поддержка государства просто необходима. Здесь я бы еще раз выделил два основных этапа. Первый — это поддержка перспективных предприятий, которые реально достигли успехов в создании российской СЧПУ и доказали это на практике, путем заказа им НИОКР для дальнейшего развития. Второй — это формирование с их участием производственных тандемов, например, в рамках диверсификации оборонных предприятий, ориентированных на выпуск высокотехнологичной продукции. Причем в рамках этого направления нужно дать возможность развернуть эту работу параллельно, чтобы разработчики СЧПУ не мешали друг другу, а доказывали свою эффективность полученными результатами.

### **Может, есть необходимость объединения с коллегами-конкурентами для достижения высоких целей, что называется, «всемирно»?**

Время такого объединения прошло. Еще 4–5 лет назад, во время нашего прошлого интервью, я говорил о возможности объединения усилий. Предпринятая попытка работать над проектом нескольких коллективов по разным причинам не дала результата, хотя многие предложенные идеи были перспективными. Сегодня мы определили направления развития, расставили «реперные точки» и идем к ним.

### **Как себя чувствуете в свете ограничений, вызванных распространением COVID-19? Как малое инновационное предприятие ощутило поддержку государства?**

Весенний локдаун мы пережили без особых потрясений. Специфика нашей работы позволяет достаточно эффективно трудиться и удаленно. В этот период даже удалось подготовить значительный объем конструкторской документации. Однако ограниченный режим создал ряд трудностей при выполнении договорных обязательств. Еще один локдаун может привести к появлению проблем необратимого характера. За господдержкой мы не обращались. Брать кредит даже под низкий процент без понимания дальнейших перспектив как минимум нелогично.

# АКТУАЛЬНОСТЬ РЕГЛАМЕНТАЦИИ КОРПОРАТИВНЫХ ЦИФРОВЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ БИЗНЕСА ПОДРАЗУМЕВАЕТ КАРДИНАЛЬНУЮ СМЕНУ ЭКОНОМИЧЕСКОГО УКЛАДА ЗА СЧЕТ ИНТЕГРАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВО ВСЕ СФЕРЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ. УПРАВЛЕНИЕ ТАКИМИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯМИ НОСИТ НАУКОЕМКИЙ ХАРАКТЕР И ТРЕБУЕТ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ПОДХОДОВ, ИСКЛЮЧАЮЩИХ ЗАТРАТНЫЕ МЕТОДЫ ПРОБ И ОШИБОК.

По справедливому утверждению экспертов, экономика должна быть в первую очередь экономной, а потом уже цифровой [1]. Так, в программе цифровой экономики «по-немецки» на первом месте стоит все же не «цифра», а «экономика», «производство». Цифровизация же производства и управления им — лишь вспомогательный (хотя и очень важный) инструмент. Первичные цели немецкой стратегии — «обеспечение высокого качества конечных услуг или товаров с наименьшей стоимостью в любых количествах, как больших, так и малых; широкая кастомизация продуктов при условии гибкого произ-

водства; внедрение методов самостоятельной оптимизации, самонастройки и самодиагностики» [2].

Цифровизация — это дорогостоящий проект с надеждой на будущие экономические преимущества. Так, по прогнозам [3], 80% компаний будут иметь цифровые потоки создания ценности, что приведет к 18%-му увеличению уровня эффективности и производительности.

В настоящее время достигнутый уровень развития цифровизации в России и степень проникновения цифровых технологий в отечественную промышленность породили большое число новых подходов и корпоратив-

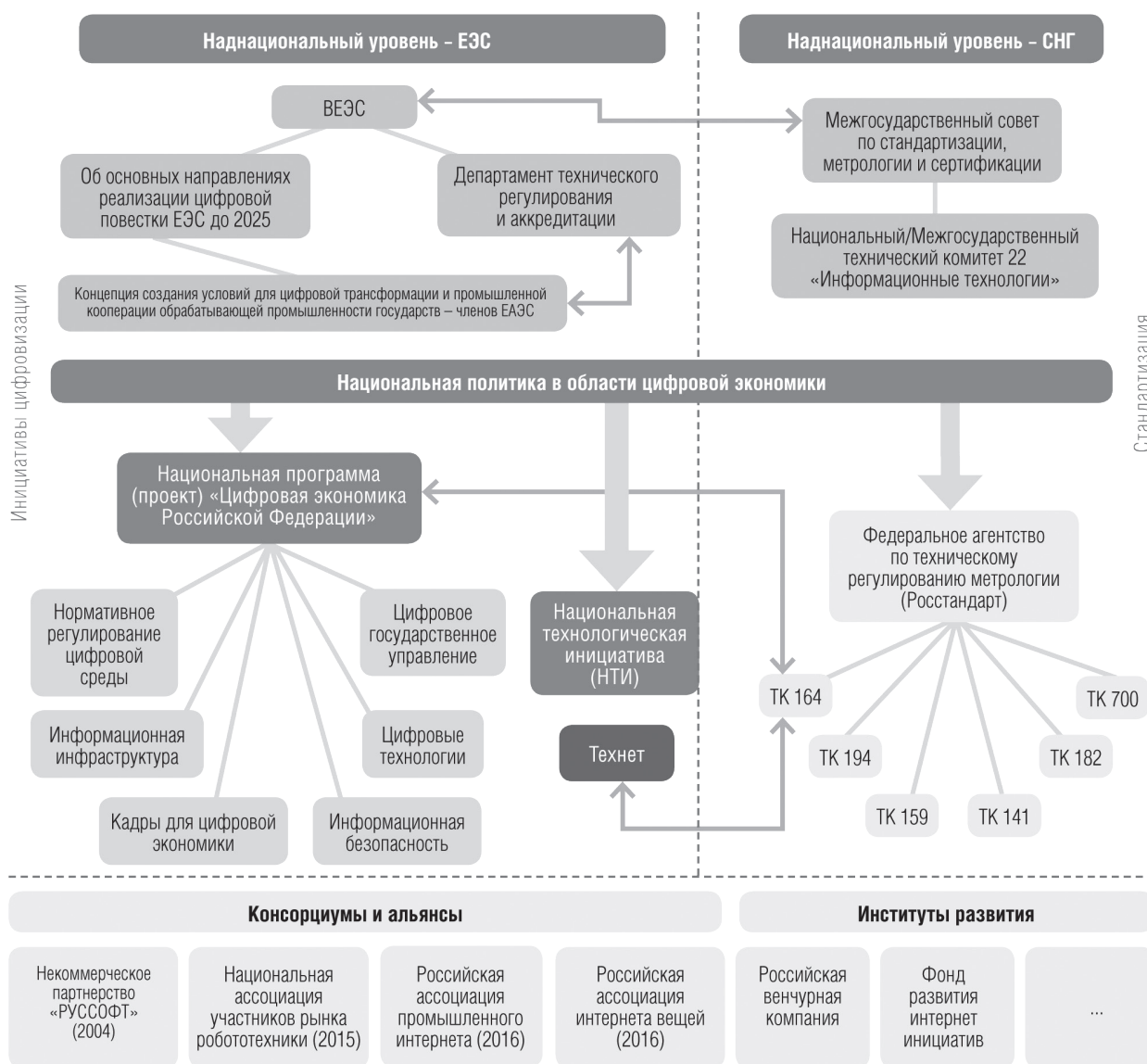


Рис. 1. Российский ландшафт стандартизации в цифровом производстве [6]



Таблица 1

**Российские технические комитеты (ТК)  
по стандартизации цифровых технологий**

Номер ТК	Название ТК и год основания
ТК 164	Искусственный интеллект (2019)
ТК 194	Киберфизические системы (2017)
ТК 159	Программно-аппаратные средства технологий распределенного реестра и блокчейн (2017)
ТК 141	Робототехника (2016)
ТК 182	Аддитивные технологии (2015)
ТК 700	Математическое моделирование и высокопроизводительные вычислительные технологии (2014)

ных решений, обусловивших в т.ч. и терминологическое разнообразие в сфере цифрового производства. Современные подходы к цифровым трансформациям в отечественной промышленности со стороны инжиниринговых структур весьма похожи на поисковый хаос решений, где предлагаются и цифровые «слои», и «двойники», и «тени» и другие атрибуты электронного моделирования изделий и их производных, а также производственно-технологические виртуальные компоненты их изготовления, испытаний и ремонта. Руководители и эксперты предприятий весьма настроенно воспринимают эту новационную терминологию в предстоящих дорогостоящих преобразованиях и плохо ориентируются в правомерности тех или иных предлагаемых сторонними консультантами решений для своего производства. В этих условиях актуальной становится задача регламентации алгоритмов и процедур цифровой трансформации и системы организации цифрового производства в отечественной промышленности.

Стандартизация технологий цифрового производства в России уже началась и затрагивает пока локальные его аспекты, такие как, например, так называемое «умное производство» [4]. В перспективе этот нормотворческий процесс столь важных информационных преобразований должен охватить цифровое производство в целом. Зарубежные методы и подходы в этих вопросах могут служить системным ориентиром, формирующим целостное представление о цифровой парадигме промышленного развития в мировой практике и применимого в РФ. Однако степень этой применимости и адаптивности импортных цифровых решений к отечественной промышленности будет решаться в ближайшее время, когда цифровые стандарты и отраслевые регламенты обретут национальный статус. Для этого в России сформирована нормотворческая среда для регламентации всех аспектов цифровизации (рис. 1). Например, еще в 2018 году в рамках выставки и форума «Иннопром–2018» прошла восьмая конференция, организованная Комитетом РСПП по техническому регулированию, стандартизации и оценке соответствия [5], где было заявлено: «Распространение цифровизации зависит от доступа к информационным сетям, широкой платформы функционально совместимых систем информации и от способов связи. Она сделает возможным «умное» производство. Большие данные «big data», системы дополненной реальности и другие цифровые технологии повысят эффективность и откроют новые возможности для развития бизнеса. Технические стандарты будут иметь первостепенное значение в достижении беспрецедентной интеграции устройств и систем. Они помогут укрепить основу для интеллектуального производства. Цель — обеспечить беспроводную совместимость данных и интеллектуальных систем для поставщиков продукции, а также работу различных способов коммуникации, контроля и безопасности».

Разработка нормативных документов инициирована для формирования полноценной экосистемы нормативно-технического регулирования цифровой промышленности. Предлагаемые стандарты окажут существенное влияние на ускоренную цифровизацию промышленного сектора.

Технический комитет «Киберфизические системы» совместно со Всероссийским институтом сертификации при поддержке Министерства промышленности и торговли РФ выносит на публичное обсуждение десять

предварительных национальных стандартов в области умного производства. Среди представленных на публичное обсуждение проектов стандартов в основном проекты цифровых двойников и интероперабельности (таблица 1).

Денис Мантуров, министр промышленности и торговли Российской Федерации: «Проекты стандартов направлены на эффективное внедрение цифровых технологий в российскую промышленность, развитие качественных и независимых решений, а также на обеспечение их совместимости между собой. В частности, в рамках данной серии впервые разработаны проекты регулирующих документов в сфере цифровых двойников. Развитие современной промышленности опирается на стандартизацию, которая, по результатам исследований, способна принести в ВВП до 1% в год и порядка 3% в развитие экспорта. Успех цифровой трансформации напрямую зависит от полноты нормативно-технического поля, а его качество — от степени вовлеченности в разработку стандартов всех участников рынка» [4].

Многие компании пытаются каждый раз изобретать велосипед и в упор не хотят видеть очевидные преимущества уже готовых, а главное — проверенных решений и апробированных подходов — самым эффективным будет использование лучших практик с учетом существующей специфики отечественной технологической среды.

Для формирования планов цифровой трансформации предприятий очень важна целеориентация, что напрямую связано с эталонизацией будущего цифрового образа на конкретном предприятии. Для достижения цифровой эффективности следует использовать апробированные методы технологического маркетинга, бенчмаркинга и референсного моделирования [7].

В цифровизации промышленности на текущий момент существует два доминирующих подхода — немецкий и американский. Первый в большей степени акцентирован на производственные аспекты (аппаратная часть) цифровизации и встраивании киберфизических систем, в то время как подход США и глобальных консорциумов рассматривает цифровизацию промышленности более широко: как часть экосистемы промышленного интернета в отраслях экономики. Эталонная архитектура цифрового производства характерна для сферы информационно-коммуникационных технологий. В контексте умного производства данный термин означает «модель для класса архитектур», т.е. совокупность правил и принципов для описания физических систем в цифровой среде



Рис. 3. Структура процесса эталонизации будущего образа бизнес-системы [9]

[8]. На текущий момент лидирующее положение занимают разработанные США и Германией эталонные архитектуры.

Стратегия модернизации производства должна отражать степень готовности выпускаемой продукции удовлетворить существующий потребительский спрос. Референтная модель является эталонной моделью производственной системы и как понятие возникло в среде компаний, занимающихся оптимизацией бизнес-процессов и внедрением ERP-систем. **Референтная** (*reference, референсная, типовая*) модель — это обобщение наилучших описаний (документов, схем, решений, практик) для определенного объекта с учетом его специфики.

Референтные модели отражают эталонные схемы организации бизнеса, разработанные для конкретных отраслей промышленности на основе реального опыта внедрения в различных компаниях по всему миру и включающие в себя проверенные на практике процедуры и методы организации управления. В таких моделях определены типовые бизнес-процессы, горизонтальные и вертикальные связи и бизнес-правила, действующие в различных областях. Эти модели позволяют предприятиям начать разработку собственных моделей на основе уже готового набора функций и процессов (рис. 3).

Построение адекватной референтной модели является наилучшим инструментом для эффективной модернизации современного производства с учетом его особенностей, возможностей и внешних условий. Если изделия

имеют уровень кастомизированных (индивидуализация продукции под заказы конкретных потребителей) и объем производства мал, то необходима организация многономенклатурного мелкосерийного производства, в котором большая роль отводится аддитивным технологиям (рис. 4).

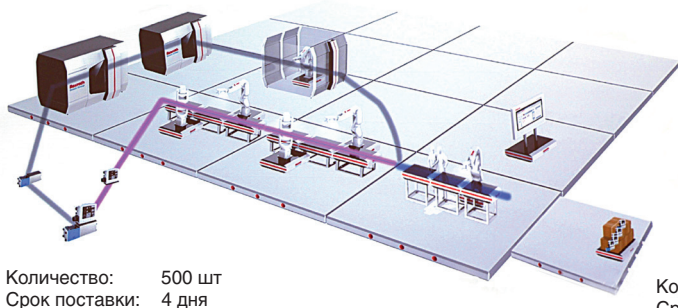
Смысл парадигмы референтного моделирования состоит в том, чтобы стремиться к производственной эффективности посредством реализации комплексного плана, составленного на основе четкого понимания структуры, параметров и характеристик производственно-технических и организационно-экономических систем, обобщающих лучшие отраслевые и корпоративные практики. На этой основе формируется стратегия цифровой трансформации.

Разработку адекватной референтной модели целесообразно проводить поэтапно:

1. Сбор информации и аудит производственных бизнес-процессов.
2. Построение модели AS-IS («как есть») по методологии моделирования IDEF0 (Integration Definition for Function Modeling).
3. Разработка стратегической концепции развития компании.
4. Формирование референтной модели — референтная модель производства TO-BE («как должно быть»).
5. Утверждение плана мероприятий.

**Производство будущего**  
1. Массовое производство в условиях малой партийности

1. Входящий заказ
2. Формирование оборудования
3. Поток материалов и производств



**Производство будущего**  
1. Кастомизированное производство

1. Входящий заказ
2. Формирование оборудования
3. Поток материалов и производств

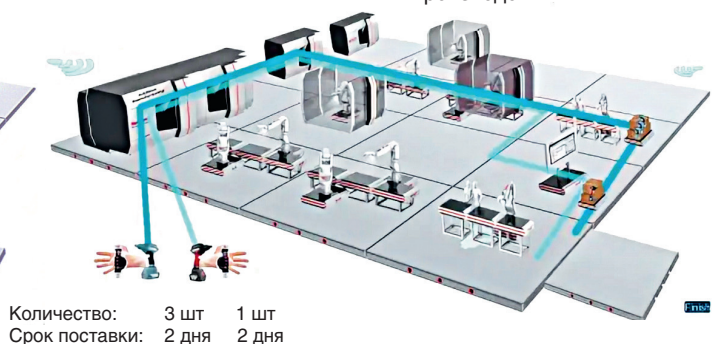


Рис. 4. Актуальные модели организации цифрового производства [10]





**Автономные системные решения** и оптимизация  
→ Сопровождаемые продукты, независимые и адаптивные системы.

**Предикативные советы/действия** на основании распознавательных паттернов  
→ Machine Learning, мониторинг состояния, предикативное обслуживание.

**Получаемые знания в контексте генерируемой информации**  
→ Интеллектуальные БД, аналитика данных, сопровождение оператора и производственного обслуживания.

**Генерация информации/прозрачность** собранных данных  
→ Smart Cockpits, MES, системы KPI.

**Доступность/сбор данных** ото всех доступных источников:  
→ машины, компоненты, продукты, люди, клиенты, поставщики, датчики, IoT шлюзы, системы управления, EDI.

**Бережливое производство** является базой для умной фабрики  
→ Bosch Production System

Рис. 5. Этапы цифровой трансформации (на примере концерна *Bosch*) [10]

Любая референтная модель формируется с помощью трех видов документов: 1 – графическая диаграмма, 2 – текст, 3 – глоссарий.

Применение референтной модели, основанной на процессном подходе, в крупных корпоративных производственных структурах позволяет решить несколько важных задач:

- 1) Сформировать системный ландшафт деятельности с выделением основных и вспомогательных процессов, влияющих на достижение значимых бизнес-результатов.
- 2) Внедрить базовые правила декомпозиции процессов до уровня функций (операций, задач) конкретных исполнителей согласно модели жизненного цикла объекта управления.

3) Установить отношения процессов согласно концепции «внутренний заказчик — внутренний поставщик» и проводить мониторинг результативности процессных взаимосвязей.

4) Определить проблемы («узкие места») процессов и реализовать мероприятия по их устранению, в том числе с применением цифровых технологий.

5) Перейти к производственной архитектуре нового типа, где все объекты управления реального мира имеют цифровых двойников, объединенных в единую виртуальную семантическую сеть через их свойства (атрибуты) и результаты взаимодействия.

В условиях цифровизации к производству предъявляется ряд противоречивых требований. С одной сторо-



# МашЭкспо Сибирь

выставка металлообработки и сварки

18+

Отраслевое событие Сибири!

## 30 МАРТА - 2 АПРЕЛЯ 2021

70

Более 70 производителей и поставщиков оборудования и материалов для металлообработки и сварки из России, Белоруссии, Германии, Италии, Швейцарии, Японии, Китая.

Здесь ведущие производители станков, сварочного оборудования встречаются с представителями крупных и средних промышленных предприятий.

Деловая программа посвящена актуальным проблемам машиностроения и передовым технологиям в сфере металлообработки.

Организатор: ООО «СВК»



СИБИРСКАЯ  
ВЫСТАВОЧНАЯ  
КОМПАНИЯ

Место проведения:



НОВОСИБИРСК  
ЭКСПО ЦЕНТР



mashexpo-siberia.ru

ны, важны низкие затраты и высокая гибкость производства, а с другой стороны — необходимо сокращать жизненный цикл продукта. Поэтому требуется гораздо более высокая гибкость производства. Все эти вопросы решаются на разных этапах цифровой трансформации производства, представленной в виде пирамиды (рис. 5). По практике цифровой трансформации концерна Bosch задачи решались двумя путями: тактическим (1) и стратегическим (2) — в рамках концепции бережливого производства как ориентированного на операционную эффективность, что смыкается с цифровизацией в своих целях.

1-й этап: Bottom-Up, или пилотный подход. Цель — погружение в среду и фокус на достижение локальных результатов. На цеховом уровне рассматривается тот или иной кейс, где внедрение апробированной технологии должно привести к повышению эффективности использования средств производства, проводится идентификация потенциала и возможностей. Далее изучается масштабируемость и оценки по релевантному KPI, определяются подходящие зоны для внедрения пилотов.

2-й этап: Top-Down, или общая картина и видение. Цель — структурирование и формирование внутренних стандартов. Разрабатывается концепция развертывания i4.0, проходит стратегический выбор фокусных применений. Стратегия предполагает достаточно детальный аудит производственных систем, выработку стратегии внедрения с ключевыми KPI, анализ готовности и цифровой зрелости, уровня внедрения бережливого производства, IT-среды и подготовленности персонала. После всех настроек происходит развертывание и широкое внедрение апробированных решений для достижения синергетического эффекта [10].

Референтные модели в той или иной форме синтезируются и кодифицированы в современных IT-системах, которые определяют типовую структуру связей и алгоритмы взаимодействия данных для решения специализированных прикладных задач [11]. Именно поэтому IT-работники синтезируют накопленные знания в определенной прикладной сфере для последующего их тиражирования в промышленной практике через программный продукт. При этом важно упрощать тезаурус описываемой прикладной области, что реализуется компактизацией структуры объекта. Так, предлагается для регламентации цифровой трансформации промышленных предприятий следующим образом описать структуру современного цифрового производства. Последнее базируется на трех компонентах информационно-технологической среды предприятия:

1. **SOFT-коммуникации.** Тотальная BPM-EAM-ERP-PLM-MES-MDC-информатизация и сетевой дистанционный обмен данными (электронные модели изделий и процессов их производства, испытаний, сервиса и ремонта, электронный документооборот, промышленный интернет вещей IIoT, интероперабельность).

2. **HARD-цифровизация инженерной инфраструктуры, технических средств и предметов производства** (киберфизические системы, сенсорика, удаленный мониторинг состояний, инструменты дополненной реальности, QR-кодирование и маркировка).

3. **INTELLECTUAL-предиктивный контроллинг производства** (большие данные, прогностическая аналитика, машинное обучение, искусственный интеллект,

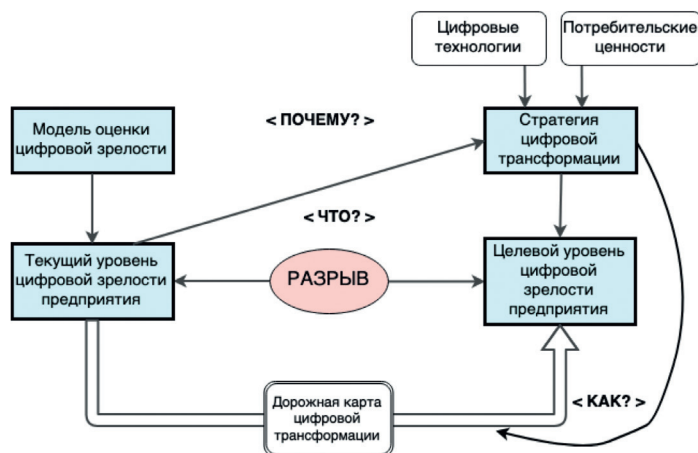


Рис. 6. Концептуальная схема управления цифровой зрелостью предприятия [12]

автоматизированные системы поддержки принятия решений (АСППР).

Предложенный вариант структурирования цифрового производства, подлежащего организации на высокотехнологичном предприятии, позволяет инжиниринговым компаниям сформировать клиентоориентированную программу цифровой трансформации для конкретного предприятия с учетом особенностей его производственной инфраструктуры и продуктовой специфики и на этой основе управлять цифровой зрелостью предприятия (рис. 6).

Апробация референтных регламентов цифровой трансформации промышленных предприятий позволяет в дальнейшем перейти к полноценной стандартизации цифрового производства в России.

**В. М. Макаров, д.т.н., makarov\_vm@mail.ru**  
**С. В. Лукина, д.т.н., МГТУ «Станкин»,**  
**эксперт РАН, lukina\_sv@mail.ru**  
**С. А. Овчинников, к.т.н., РТУ МИРЭА,**  
**s\_ovchinnikov@list.ru**

## Литература

- Макаров В. М., Лукина С. В. Цифровое производство в условиях многоукладности промышленности // РИТМ машиностроения. 2018. № 10. С. 20–24.
- Плотников В. А. Цифровизация производства: теоретическая сущность и перспективы развития в российской экономике. <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-proizvodstva-teoreticheskaya-suschnost-i-perspektivy-razvitiya-v-rossiyskoj-ekonomike/viewer>
- Индустрия 4.0 — реализация цифровой трансформации производства. <https://www.secuteck.ru/articles/industriya-4-0-realizaciya-cifrovoj-transformacii-proizvodstv>
- <https://www.rvc.ru/press-service/news/company/153200/>
- <http://www.rgtr.ru/press-tsentr/789>
- Туровец Ю. В., Вишневский К. О. Стандартизация цифрового производства: возможности для России и ЕАЭС // Бизнес-информатика. 2019. Т. 13. № 3. С. 78–96.
- <https://www.kom-dir.ru/article/922-referentnaya-model>
- German Standardization Roadmap Industrie 4.0. Version 3. / DIN, 2018. <https://www.din.de/blob/65354/572-18767bd6da1927b181b9f2a0d5b39/roadmap-i4-0-e-data.pdf>
- <https://zen.yandex.ru/media/id/5c3f5d30bf238900a9aaa453/scormodel-referentnye-modeli-5da75ef1fc69ab62a7e5380d>
- <https://www.secuteck.ru/articles/industriya-4-0-realizaciya-cifrovoj-transformacii-proizvodstv>
- Макаров В. М. Проблемы синтеза бизнес-архитектуры промышленных предприятий // Главный механик. 2017. № 9. С. 8–12.
- Гилева Т. А. Цифровая зрелость предприятия: методы оценки и управления. Bulletin USPTU. Science, education, economy. Series economy. № 1 (27), 2019. С. 43–52.



# ЦИФРОВЫЕ МОДЕЛИ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ

Согласно исследованию Gartner, почти половина компаний, реализующих проекты в области интернета вещей (IoT) и интеллектуальных заводов (Smart Factory), используют или планируют применять технологию цифровых двойников.

В СТАТЬЕ РАССМАТРИВАЮТСЯ БАЗОВЫЕ КОНЦЕПЦИИ ИНДУСТРИАЛЬНОЙ РЕВОЛЮЦИИ 4.0, ФОРМУЛИРУЕТСЯ ПОНЯТИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ (DIGITAL TWINS) ИЗДЕЛИЯ И ПРИВОДИТСЯ ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ. РАССМАТРИВАЮТСЯ ТАКЖЕ ИНЖИНИРИНГОВЫЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫМИ ПОТОКАМИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ЭТАПЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОДУКЦИИ.

В настоящее время задачи повышения эффективности отечественных предприятий на базе цифровизации основных производственных процессов находятся в фокусе внимания органов государственного управления и экспертного ИТ-сообщества. Необходимо обеспечить реализацию майских указов президента Российской Федерации в части повышения роста производительности труда не ниже 5% в год (более 20% прирост производительности труда к 2024 году). Значительная интенсификация производства с минимальными трудозатратами особенно необходима в производствах мелкосерийного и единичного типа, т.е. в производствах, к которым сегодня относится значительное число российских машиностроительных предприятий.

Производственная система — особый вид организационно-технической системы, который состоит из средств и предметов производства, базы конструкторско-технологической информации, производственных процессов и комплексов управления ими, совместное функционирование которых позволяет изготавливать изделия, отвечающие своему служебному назначению [1].

Приведенное выше определение не содержит таких терминов, как «бережливое производство» (Lean) или «теория ограничений» (Theory of Constraints), связанных с задачами организации производства [2]. В данной статье авторы уделяют основное внимание термину «цифровой двойник».

Современный мир, пройдя в своей истории через три промышленных революции, столкнулся с новым понятием — «индустриальная революция 4.0» (Industry 4.0), — новацией, рассматриваемой как надвигающуюся будущую четвертую промышленную революцию.

Именно на этом четвертом этапе стало активно использоваться понятие так называемых цифровых двойников (Digital Twins). Этот термин появился еще в начале 2000-х, но с каждым годом, по мере развития промышленных и компьютерных технологий, он получает новое наполнение. Базовая концепция не сложна для понимания: мониторинг физического объекта осуществляется на основе замкнутого цикла информационного обмена между ним и его виртуальной моделью (тем самым цифровым двойником).

Говоря о концепции индустриальной революции 4.0, обычно выделяют шесть базовых инновационных концептуальных подходов к ее реализации [3]:

1. **PLM** — Product Lifecycle Management — управление жизненным циклом изделия — *организационно-техническая система управления жизненным циклом изделий, основанная на принципе цифрового дуализма: объектно-компьютерная модель/физическое и цифровое моде-*

*лирование характеристик изделия на разных этапах его существования.*

2. **BIG Data** — большие данные — *совокупность подходов, инструментов и методов анализа и обработки структурированных и неструктурированных данных больших объемов для получения воспринимаемых человеком или компьютерной системой эффективных результатов поиска.*

3. **SMART Factory** — интеллектуальный завод — *фундаментом Smart Factory является концепция Digital Manufacturing — цифровое производство — концепция, в рамках которой производственные задачи выполняются на основе информации, поступающей как из физического, так и из виртуального мира, т.е., например, положение и состояние режущего инструмента, содержание соответствующих электронных документов или данные, поступающие от имитационной модели движения материальных потоков.*

4. **Cyber-physical Systems** — Киберфизические системы — *организационно-техническая концепция управления информационными потоками, выраженная в интеграции вычислительных и физических процессов. Встроенные компьютеры и сети отслеживают физические процессы и управляют ими, как правило, через обратные связи, при которых физические и вычислительные процессы взаимно влияют друг на друга.*

5. **Internet of Things (IoT)** — интернет вещей — *интеграция сложных физических механизмов и устройств с объединенными в единую коммуникационную сеть датчиками и программным обеспечением в целях управления и планирования производственных процессов.*

6. **Interoperability** — интероперабельность (функциональная совместимость) — *способность изготавливаемых изделий или элементов производственной системы, интерфейсы которых полностью открыты, взаимодействовать и функционировать с другими изделиями или системами без каких-либо ограничений доступа и реализации.*

Касаясь перспектив применения инструментов Индустрии 4.0 в задаче повышения эффективности производства, следует сказать, что утвержденная правительством РФ от 28 июля 2017 года программа «Цифровая экономика Российской Федерации» направлена, в частности, на значительное повышение эффективности отечественных машиностроительных предприятий.

Но и здесь нам, по-видимому, еще придется столкнуться с серьезными вызовами, ибо, как следует из известного «Цикла зрелости технологий» (Gartner Hype Cycle — **рис. 1**), наши предприятия еще только стремятся к так называемому «пику завышенных ожиданий»,



Рис. 1. Перспективы применения инструментов Индустрии 4.0 согласно Gartner Hype Cycle

находясь на ранней стадии. И далеко не все осознают наличие в этом цикле неминуемой «пропасти разочарования», тем более что с точки зрения экономических и инновационных результатов использования цифровых технологий Россия занимает только 38-е место, уступая первые места Финляндии, Швейцарии, Швеции, Израилю, США, Норвегии, Люксембургу и Германии. А по данным исследования Ассоциации электронных коммуникаций, в 2016 году доля цифровой экономики в ВВП России составила 2,8%, впрочем, немного поднявшись с 2,3% по сравнению с 2015 годом.

Есть и еще одинстораживающий аспект в широком применении обсуждаемых инноваций: следуя примеру Google, горстка влиятельных компаний может завладеть неестественным преимуществом в процессе реализации Industry 4.0. «Большие данные (BIG DATA), необходимые Industry 4.0, собираются не национальными компаниями, а четырьмя фирмами из Кремниевой долины, — заявил министр экономики Германии Зигмар Габриэль в прошлом году. — В этом наши опасения».

Согласно исследованию Gartner, почти половина компаний, реализующих проекты в области интернета вещей (IoT) и цифрового производства, используют или планируют применять в будущем технологию цифровых двойников.

Понятие цифрового двойника (Digital Twin), являющегося фундаментальным понятием цифрового производства (Smart Factory), следует связывать как непосредственно с самим изделием, в этом случае применяется термин «цифровой двойник изделия», так и с процессом изготовления изделий — в этом случае следует использовать термин «цифровой двойник производственной системы». Последний включает в себя как инжиниринговую, так и эксплуатационную цифровые модели [10].

## ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ИЗДЕЛИЯ — ЧТО ЭТО ТАКОЕ?

Создание цифрового двойника изделия позволяет с помощью компьютера смоделировать его конструктивные особенности, реальные характеристики входящих в изделие узлов и деталей (точностные, прочностные, жесткостные и иные параметры), детально описать динамику поведения изделия в процессе его эксплуатации.

Появляется возможность в виртуальном пространстве проанализировать и смоделировать изменение состояния всего изделия при изменении характеристик любого из его элементов или эксплуатационных условий.

Цифровой двойник изделия включает в себя: геометрическую и структурную модель объекта; набор расчетных данных деталей, узлов и изделия в целом (математические модели, описывающие все происходящие в объекте физические процессы); информацию о технологических процессах изготовления и сборки отдельных элементов; систему управления жизненным циклом изделия. Цифровой двойник изделия может использоваться модифицированную

численную модель с измененными характеристиками износа или производительности. Информация от датчиков, подключенных к реальному объекту, может передаваться цифровому двойнику изделия в качестве граничных условий в режиме реального времени с целью моделирования, анализа и прогноза поведения объекта в рамках его служебного назначения.

Инженерный анализ на основе технологии цифровых двойников изделий может использоваться не только на этапе проектирования, но и для определения причин снижения производительности, оценки результатов различных стратегий управления, создания оптимальных графиков технического обслуживания изделий и т.д.

Разрабатываемый на этапе конструкторской подготовки производства, цифровой двойник изделия дает возможность в реальном времени управлять всеми факторами, влияющими на стоимость и качество выпускаемого продукта еще до начала его производства, что значительно снижает сроки выхода новых изделий на рынок.

## ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ИЗДЕЛИЯ — ЭВОЛЮЦИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ

Впервые полноценно эта концепция была описана в Мичиганском университете в 2002 г. Сейчас цифровым двойником изделия называют его виртуальную модель, которая на микро- и макроуровне либо описывает реального существующий объект (выступая как дубль готового конкретного изделия), либо служит прототипом будущего объекта. При этом любая информация, которая может быть получена при тестировании физического существующего изделия, должна быть получена и на базе тестирования его цифрового двойника.

Цифровой двойник изделия применяется на всех стадиях жизненного цикла изделия, включая проектирование, производство, эксплуатацию и утилизацию. Сейчас распространена классификация, включающая три типа двойников изделия: цифровые двойники-прототипы (Digital Twin Prototype, DTP), цифровые двойники-экземпляры (Digital Twin Instance, DTI) и агрегированные двойники (Digital Twin Aggregate, DTA).

• **DTP-двойник** характеризует изделие, прототипом которого он является, и содержит информацию, необходимую для описания и создания физических версий эк-

# MES-СИСТЕМА «ФОБОС»

## ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ

земпляров изделия. Эта информация включает в себя геометрическую и структурную модели, технические требования и условия; стоимостную модель, расчетную (проектную) и технологическую модели изделия. DTP-двойник можно считать условно постоянной виртуальной моделью изделия.

- **DTI-двойники** изделия описывают конкретный физический экземпляр семейства изделия, с которым двойник остается связанным на протяжении всего срока службы. Двойники этого типа создаются на базе DTP-двойника и дополнительно содержат производственную и эксплуатационную модели, которые включают в себя историю изготовления изделия, применимость материалов и комплектующих, а также статистику отказов, ремонтов, замены узлов и агрегатов и др. Таким образом, DTI-двойник изделия подвергается изменениям в соответствии с изменениями физического экземпляра при его эксплуатации.

- **DTA-двойники** изделия определяются как информационная система управления физическими экземплярами семейства изделия, которая имеет доступ ко всем их цифровым двойникам.

### ПОНЯТИЕ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

Практическая реализация концепции Industry 4.0 потребовала пересмотра информационного описания производственной системы и реализуемых в ней процессов, особенно на стадии создания интеллектуального завода (SMART Factory).

Во многом это вызвано отсутствием возможности у современных информационных систем машиностроительных предприятий использовать цифровые двойники изделий при технологической подготовке производства и в управлении процессом изготовления этих изделий. Указанные компьютерные модели также становятся малоинформативными, когда возникает потребность в оптимизации материальных потоков на этапе производства изделий.

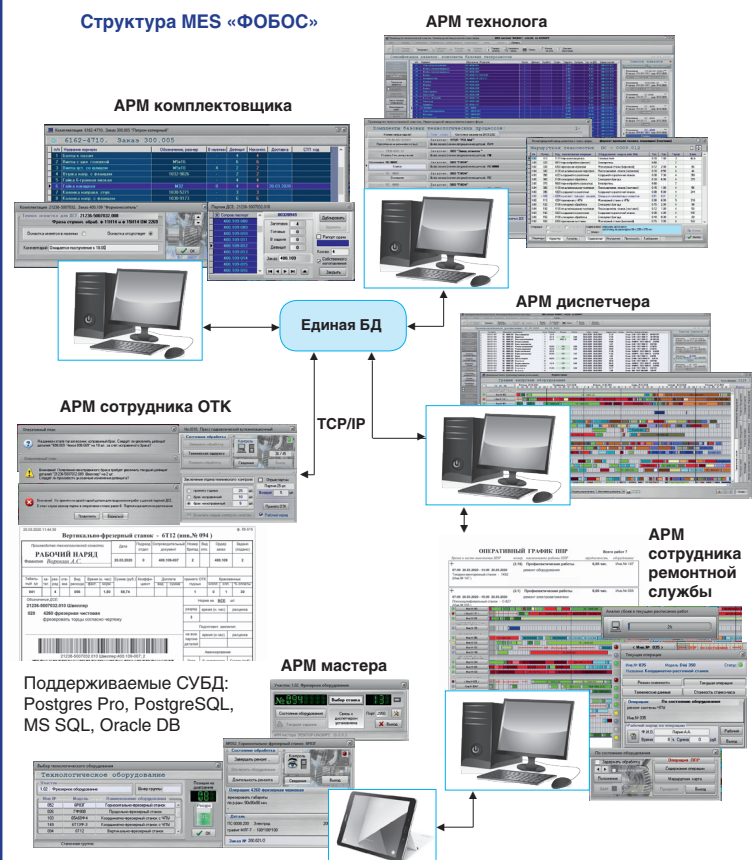
Этапы жизненного цикла производственной системы отличаются от этапов жизненного цикла производимых изделий (летательные аппараты, автомобили и др.). Основным отличием является то, что производственная система машиностроительного предприятия на этапе ее эксплуатации подвержена функциональным и структурным изменениям. Это вызвано как необходимостью ее технического перевооружения при изменении номенклатуры и/или программы выпуска, так и повышением общей эффективности станочной системы (коэффициента OEE — Overall Equipment Effectiveness) при снижении цикла изготовления изделий (коэффициента MCE — Manufacturing Cycle Effectiveness). В результате этих изменений создаются новые конфигурации производственной системы [2], [3].

Задача цифровизации производственной цепочки обусловлена требованием обеспечения прозрачности производства [4] и оперативного отслеживания его текущих изменений, что позволяет на основе математических моделей многокритериальной оптимизации эффективно управлять соответствующими материальными потоками. Цифровой двойник производства позволяет моделировать изменения (улучшения) и просчитывать их возможные последствия при реали-

MES-система «ФОБОС» (№ 6297 Реестра российского ПО Минкомсвязи РФ), являясь одним из важнейших звеньев современного цифрового производства, предназначена для управления дискретным машиностроительным производством и ориентирована на оптимизацию внутрицеховых материальных потоков при наличии большой номенклатуры изготавливаемых изделий.

### ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

1. Расчёт производственного расписания.
2. Контроль прохождения заказов.
3. Расчёт загрузки технологического оборудования.
4. Формирование плана подачи заготовок и средств технологического оснащения.
5. Формирование планового рабочего задания.
6. Учёт техобслуживания и ремонтов оборудования, оптимизация ППР.
7. Контроль и учёт готовой продукции и качества в производстве.
8. Калькуляция себестоимости обрабатываемого заказа.



«ФОБОС» является отечественной разработкой, что значительно упрощает процедуру доработки системы под нужды заказчика по сравнению с импортными аналогами.



зации на уровне исполнительных подразделений. Получение обратной связи математической модели процесса и его реального поведения в режиме online является актуальной задачей обработки и анализа больших данных (Big Data), формируемых с помощью промышленного интернета (IoT).

**Цифровой двойник производственной системы** включает в себя:

- **инжиниринговую модель ПС**, содержащую цифровое описание ресурсов предприятия, структуру станочной системы, средства технологического оснащения, номенклатуру и технологии изготовления изделий, систему сбора информации о текущем состоянии оборудования;

- **эксплуатационную модель ПС**, являющуюся цифровой платформой для описания логистической архитектуры предприятия, формирования планов-графиков изготовления изделий, межцеховой и внешней кооперацией, включая регламенты технического обслуживания и ремонта оборудования. Математическому описанию также подлежат динамика внутрицеховых материальных потоков, на основе цифровизации которых формируются оптимальные производственные расписания выполняемых работ.

Наиболее сложным для практической реализации является эксплуатационная модель цифрового двойника ПС, на которую, в частности, возлагаются следующие функции:

- проводить необходимые расчеты для принятия управленческих решений,
- отображать в режиме реального времени производственные процессы, протекающие в производственной системе,
- проводить различные эксперименты «что если» путем математического моделирования производственных процессов.

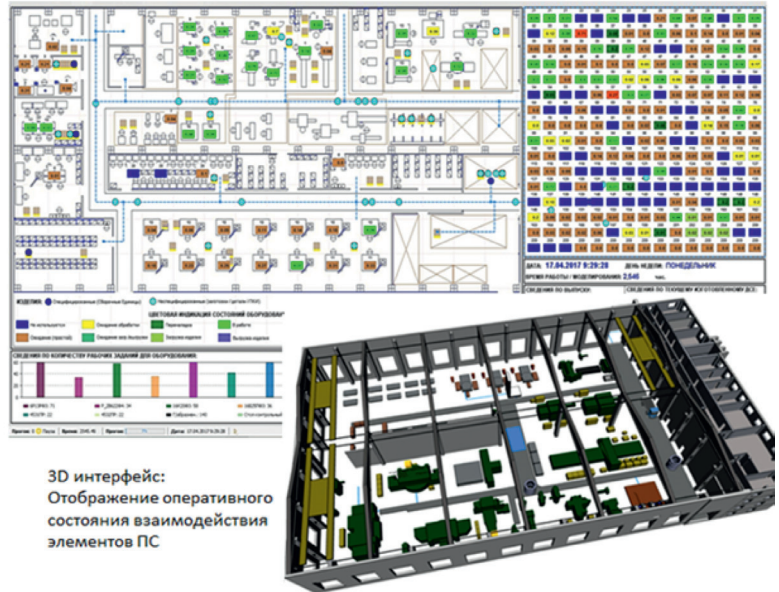
Фрагменты адекватных моделей цифрового двойника ПС существуют уже сегодня — пример системы сбора и отображения оперативного состояния взаимодействия элементов производственной системы приведен на **рис. 2**.

Оптимизация внутрицеховых материальных потоков достигается на сегодняшний день средствами специального софта категории MES (Manufacturing Execution System) [5], [6] — программного обеспечения, предназначенного для оперативного календарного планирования производства. Эти программы, включенные в эксплуатационную модель цифрового двойника ПС, рассчитывают производственное расписание по различным оптимизационным критериям [5].

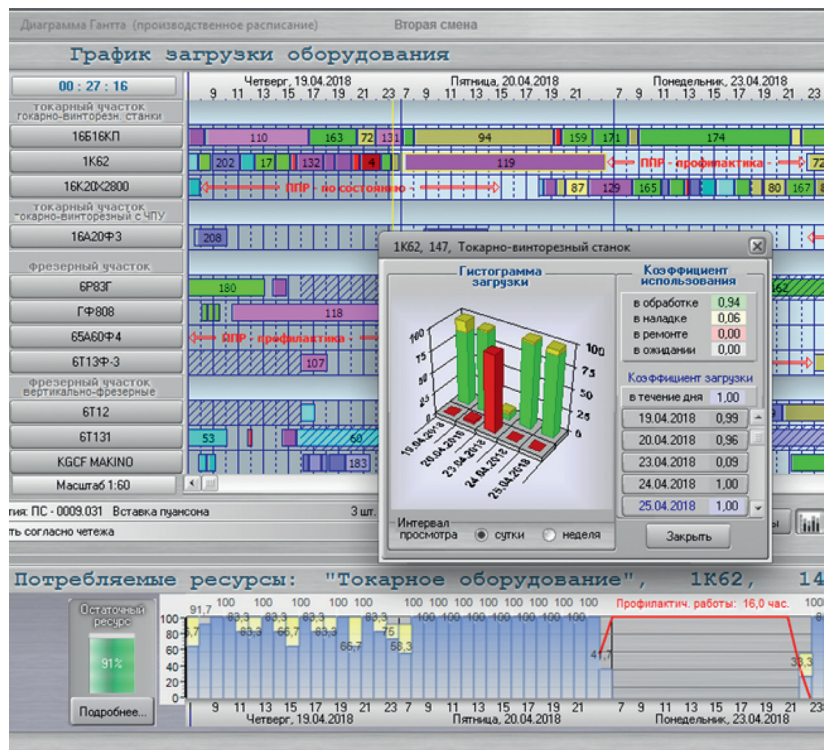
В расчете используются технологические процессы изготовления изделий, где ставится многокритериальная оптимизационная задача максимизировать коэффициент ОЕЕ (Overall Equipment Effectiveness) при эффективном снижении потерь рабочего времени технологического оборудования. Что равносильно снижению значения пока-

зателя MCE (Manufacturing Cycle Effectiveness) — «цифрового показателя», характеризующего эффективность производственного цикла. Пример многокритериальной оптимизации расписания в цифровой эксплуатационной модели с помощью MES приведен на **рис. 3**.

Еще одной важной задачей эксплуатационной модели «цифрового двойника» производственной системы является минимизация возможных отказов технологического оборудования за счет своевременного проведения планово-предупредительных ремонтов (ТОиР) [3], [7]. Часто эта функция реализуется в системах производственного управления класса ERP (Enterprise Resource



**Рис. 2.** Автоматизированная процедура инжиниринга производственных систем на базе «AnyLogic»



**Рис. 3.** Расписание работ в цифровой эксплуатационной модели ПС на базе MES-системы «ФОБОС»

Planning). На уровне эксплуатационной модели цифрового двойника ПС функции ТОиР учитываются как дополнительные операции, оптимизируемые в оперативном плане производства так, чтобы они минимально влияли на скорость прохождения обрабатываемых изделий через станочную систему предприятия. Эту задачу сегодня также принимают на себя MES-системы [4], [6], [7].

Важно, чтобы цифровая модель ПС поддерживалась в актуальном состоянии через реализацию непосредственной связи с оборудованием и производственными постами, с учетом текущего состояния изготавливаемых изделий. Для решения этой задачи, которая в настоящий момент времени базируется на системах класса MDC/MDA (Machine Data Collection/Machine Data Acquisition) или SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), используется промышленный интернет (IoT — Internet of Things). Последний призван обеспечить связь сенсоров, датчиков и другой аппаратуры сбора данных с существующими системами управления производством и эксплуатационной моделью цифрового двойника производственной системы [5], [6].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Понятие цифрового двойника (Digital Twin), являющегося фундаментальным понятием цифрового производства (Smart Factory), следует связывать как непосредственно с самим изделием, в этом случае применяется термин «**цифровой двойник изделия**», так и с процессом изготовления изделий — в этом случае следует использовать термин «**цифровой двойник производственной системы**». Последний включает в себя как инжиниринговую, так и эксплуатационную цифровые модели. Используемые совместно на этапе жизненного цикла изделия

(Product Lifecycle Management), эти цифровые двойники должны быть функционально связаны между собой (Interoperability) и обеспечивать эксплуатационные характеристики проектируемого и изготавливаемого изделия в соответствии с его служебным назначением.

Таковы требования грядущей четвертой промышленной революции Industry 4.0.

Е. Б. Фролов — член-корр. РАЕ, д.т.н., проф.,  
МГТУ «СТАНКИН» (Москва)  
fobos.mes@gmail.com

### Литература

1. Соломенцев Ю. М., Фролов Е. Б. Современные методы повышения эффективности машиностроительных производств // Технология машиностроения. 2015. № 8. С. 54–58.
2. Зальгин А. Р., Фролов Е. Б. Производительность труда на российских машиностроительных предприятиях. Специфика внедрения «бережливого производства» // РИТМ машиностроения. 2020. № 3. С. 40–48.
3. Соломенцев Ю. М., Фролов Е. Б. «Цифровые двойники» изделия и производственной системы // Генеральный директор. 2018. № 8. С. 26–33.
4. Фролов Е. Б., Крюков В. В., Тимофеев Д. Е., Крюков А. В. Стандарты ИСО и промышленный софт на предприятии, или нужна ли директору «прозрачность» производства // Станочный парк. 2010. № 9. С. 24–29.
5. Фролов Е. Б., Нестеров П. А., Косьяненко А. В. Что следует знать о системах производственного планирования // РИТМ машиностроения. 2020. № 2. С. 12–17.
6. Нестеров П. А., Косьяненко А. В., Фролов Е. Б. «Цифровой двойник» производственной системы — базис для эффективного управления предприятием // Автоматизация и ИТ в энергетике. 2020. № 8. С. 20–26.
7. Фролов Е. Б., Нестеров П. А., Косьяненко А. В. Цифровое производство и системы производственного планирования // Автоматизация и ИТ в энергетике. 2020. № 9. С. 5–13.



# Металлообработка. Сварка – Урал

16–19 марта 2021  
Екатеринбург

международная выставка технологий,  
оборудования, материалов для машиностроения,  
металлообрабатывающей промышленности  
и сварочного производства

крупнейший  
специализированный  
региональный проект в России



ВЫСТАВОЧНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ

ПЕРМСКАЯ  
ЯРМАРКА

(342) 264-64-27

egorova@expoperm.ru

www.metal-ekb.expoperm.ru





# РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПУТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

СЛОЖНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ ПО-ПРЕЖНЕМУ ОСТАЕТСЯ ОСНОВНОЙ ПРОБЛЕМОЙ, ВЛИЯЮЩЕЙ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ В СФЕРЕ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА. ЭТА ПРОБЛЕМА ИМЕЕТ ГИБКОЕ РЕШЕНИЕ — МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ 3D-СКАНЕР — ИНСТРУМЕНТ, СПОСОБНЫЙ ИЗМЕРЯТЬ РАЗНООБРАЗНЫЕ СЛОЖНЫЕ ФОРМЫ И ПОВЕРХНОСТИ БЕЗ ПОДГОТОВКИ. ОН ТАКЖЕ МОЖЕТ ИСПОЛЬЗОВАТЬСЯ В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ, НАПРИМЕР, ПРИ КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА НА ЛИНИИ И В ТЕХПРОЦЕССЕ, ПРОВЕРКЕ ПЕРВОГО И ПОСЛЕДНЕГО ОБРАЗЦОВ, ДЛЯ СРОЧНЫХ ЗАДАЧ И НА СТАДИЯХ РАЗРАБОТКИ.

Недавнее исследование, проведенное компанией Creaform, пролило свет на главные причины проблем производительности в сфере контроля качества. 172 респондента, главным образом инженеры ОТК (39%) с различным опытом работы (0–5 лет (34%), 5–10 лет (27%), 10–15 лет (15%) и более 15 лет (24%)), ответили на ряд вопросов, связанных с процессом контроля качества.

51% опрошенных указал в качестве главного источника проблем сложность деталей (геометрию и текстуру поверхности), 24% — скорость измерения, а еще 24% — отсутствие у сотрудников необходимой квалификации.

Детали становятся сложнее, обученных сотрудников все труднее найти, а измерительное оборудование не только малодоступно, но еще и медленно работает. Так как же преодолеть эти проблемы и начать производить больше деталей лучшего качества за меньшее время?

В данном материале приводятся практические рекомендации, которые помогут руководителям и инженерам ОТК справиться с проблемами, снижающими производительность, и автоматизировать контроль геометрии для решения метрологических задач у производственной линии и на конвейере.

## КАК ВЫБРАТЬ ОПТИМАЛЬНУЮ ТЕХНОЛОГИЮ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СЛОЖНЫХ ФОРМ И ТЕКСТУР ПОВЕРХНОСТЕЙ?

В сфере контроля качества сложность заключается в измерении различных форм, размеров и типов поверхностей — производимые детали становятся все более разнообразными. От сложности также зависит время программирования, поскольку контроль сложных 3D-форм возможен только при измерении всей поверхности объекта. Таким образом, контроль всех данных, описывающих сложную геометрию, требует определенных затрат. Такие затруднения, отрицательно влияющие на производительность, необходимо устранять.

Для успешного контроля качества деталей в процессе производства нужна технология, которая отличается высокой гибкостью, то есть способна измерять поверхности из любых материалов и с любыми текстурами без подготовки. Такие возможности предоставляют 3D-сканеры метрологического класса.

Один из лучших способов оценить функциональность измерительного прибора — это испытать его в работе с различными сложными формами и поверхностями на разных этапах производственного процесса, например, до и после механической обработки или до и после покраски. Еще один вариант испытания — измерение образца детали, представляющего 80% производимых деталей. Более того, следует испытывать детали со сложной геометрией и те, с которыми могут возникнуть

трудности. Способность прибора выполнять измерения разной степени сложности играет ключевую роль.

Производственные условия — это еще один важный аспект при оценке эффективности измерительного инструмента. Руководители служб контроля качества должны определить, в каких условиях (контроль на линии, в техпроцессе, проверка первого и последнего образцов, срочные задачи или стадии разработки) будет использоваться устройство, и оценить его работу в таких условиях. Следует отметить, что если прибор хорошо справляется с измерениями в определенных условиях, но такие условия появляются редко, — для предприятия этот инструмент будет не слишком ценен.

## НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ 3D-СКАНЕРОВ — АЛЬТЕРНАТИВА КИМ

Традиционные автоматизированные координатно-измерительные машины (КИМ) подразумевают использование тактильных датчиков в управляемой среде. Медленная технология, более приспособленная для метрологических лабораторий, не поможет решить проблемы производительности. Однако новое поколение 3D-сканеров, способных выполнять функции КИМ, которые устанавливаются на роботизированную руку и обеспечивают ту же точность, что и традиционные КИМ, может стать ключом к решению этих проблем (рис. 1).

Почти все поставщики метрологических систем теперь предлагают устройства, которые устанавливаются на промышленные роботы. Промышленные роботы, оснащенные 3D-сканерами, обеспечивают точные и быстрые измерения, хорошо справляясь с контролем качества в условиях производственного цеха. В самом деле, такой тип робототехники был изначально спроектирован для производства по принципу «узкая номенклатура — большой объем». Они были созданы для работы на вы-



Рис. 1. 3D-сканер метрологического класса Creaform MetraSCAN BLACK — новинка 2020 года



соких скоростях и при высоких нагрузках, превышающих аналогичные показатели метрологических систем. В конце концов, наличие альтернативы КИМ в виде 3D-сканера, готового к использованию у производственной линии, помогает сэкономить время измерений, поскольку сканеры работают быстро, а операторы не теряют время на доставку деталей в лабораторию контроля качества.

Ключ к успеху при работе с автоматизированными измерительными системами лежит в простоте внедрения. Готовые решения — это существенная экономия времени на проектирование и интеграцию роботизированных секций.

### РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫБОРУ

При испытании нового оборудования следует обратить внимание на комплексные решения. Программная платформа так же важна, как и состав аппаратного обеспечения. Значим каждый этап: от распаковки инструмента и запуска компьютера до заключительного отчета по контролю качества. Еще один важный момент, на который стоит обратить внимание при выборе решения для контроля качества, — это возможность удаленной работы или работы в автономной виртуальной среде (т.н. цифровой двойник). Убедитесь, что виртуальная среда достоверно и точно отображает реальность.

Задавайте вопросы во время демонстрации процесса, чтобы убедиться, что все необходимые инструменты включены в комплексное решение. Эффективные интегрируемые решения должны быть оснащены функциями и мощностями, которые значительно дополняют работу измерительного инструмента. Например, операторы должны иметь возможность использовать разные техники сканирования, чтобы оптимизировать работу 3D-сканера: перпендикулярное сканирование для уменьшения шума на границах, фотограмметрию для увеличения точности при измерении объема, а также настройку скорости и разрешения сканирования для уменьшения времени сканирования и обработки.

### КАК СВЕСТИ ВРЕМЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ К МИНИМУМУ?

Приобретение комплексного решения с интегрированными аппаратными и программными компонентами помогает сократить трудозатраты, связанные с программированием. В самом деле, гораздо проще добиться улучшения производительности и эффективности, когда все инструменты функционируют в рамках одной архитектуры. Обучение новым программам занимает время, а работа с разными интерфейсами требует большой сосредоточенности. Таким образом, сокращение времени программирования представляет особую ценность при решении проблем, сказывающихся на производительности.

Достоверная и точная среда с цифровым двойником, которая представляет собой виртуальную модель измерительного устройства, может стать мощным инструментом для значительного сокращения времени программирования. Виртуальная среда может использоваться не только для моделирования, но и для подготовки. В самом деле, проведение подготовки и проверок в виртуальной среде уменьшает трудозатраты при первом запуске робота с использованием программы. Несмотря на то, что определенные явления, такие как блики и отражения на материале, невозможно смоделировать в виртуальной

среде, рекомендуется сначала подготовить программу и настроить параметры лазера, в том числе скорость, время выдержки, разрешение сканирования, в цифровом двойнике.

Хорошо интегрированное решение с использованием цифрового двойника может дополняться функциями, специально разработанными для устройства. С такими специальными функциями программирование упрощается и занимает меньше времени. Последнее поколение решений с интеграцией аппаратного и программного обеспечения может создавать оптимальные пути движения роботизированной руки для определенных 3D-сканеров (в интерактивном или автоматическом режиме) в удобном интерфейсе, который хорошо справляется со многими задачами, в том числе с работой со сложными трехмерными фигурами. Иными словами, интегрированные решения делают технологии более доступными для обычных пользователей, поскольку решают проблемы, связанные с программированием, и упрощают взаимодействие человека и робота.

### МИЛЛИОНЫ ИЗМЕРЕНИЙ В СЕКУНДУ: КАК УСКОРИТЬ ПРОЦЕСС КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

Скорость — это еще один фактор, который может снижать производительность. Это выражается в задержках на производственных линиях, торможении производственного процесса, увеличении времени вывода продукта на рынок или его сдачи заказчиком. Причины недостаточной скорости могут быть:

- внутренними (например, несоответствие требованиям или исправления);
- внешними (например, жалобы заказчиков);
- связаны с производительностью инструментов контроля качества.

Такие сложности, отрицательно влияющие на производительность, необходимо устранить. Автоматизация контроля для выполнения метрологических задач у производственной линии и на конвейере также помогает решить внешние проблемы.

Интеграция контроля качества на разных этапах зависит от процесса производства. Стоит начать с детали, которую требуется измерить. Выявите деформации и их источник. В зависимости от типа деформации изучите начальный этап производства (для листового металла — штамповка или литье) или предшествующие стадии (для композитной обрезки), рассмотрите в деталях каждую операцию. Что могло привести к появлению деформации? Произведите соответствующую настройку и повторно измерьте деталь. Дополнительные измерения требуют времени, но в конечном итоге они позволяют улучшить качество детали, а значит, сократить количество внутренних и внешних проблем.

Отделы разработки новой продукции могут быстрее переходить к запуску производства, что позволяет обнаружить проблемы на раннем этапе. Решение внутренних проблем помогает уладить и внешние, поскольку уменьшает количество жалоб от заказчиков. Кроме того, комплексное решение задач на производстве, подразумевающее выпуск качественных деталей, имеет свои преимущества. Прежде всего, оно компенсирует воздействие многих явлений, которые трудно спрогнозировать, к примеру, нагрузки и отдачи. Оно также обеспечивает получение и правильную сборку деталей с заданными формами, габаритами и размерами.



Рис. 2. Автоматизированная система 3D-сканирования Creafom MetraSCAN 3D-R

### КАК ПОВЫСИТЬ СКОРОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ?

Проблемы скорости измерений можно решить с помощью технологий 3D-сканирования. Наиболее эффективные 3D-сканеры измеряют максимальное число точек в секунду в максимально широкой области сканирования. При поиске решения обратите внимание на 3D-сканеры, которые собирают данные быстро и при этом без ущерба для качества данных.

Выбор правильной системы 3D-сканирования зависит от области применения. Если требуется измерять детали напрямую на производственной линии, следует обратить внимание на устройства, способные осуществлять миллионы измерений в секунду, — такие, как Creafom MetraSCAN 3D (рис. 2, 3).

Например, стандартное время цикла в автомобильной индустрии варьируется от 40 до 50 секунд. За это время пользователи должны выполнить загрузку детали, измерения, анализ и выгрузку. Лучше всего для этой задачи подходит массив 2D- и 3D-профилометров (обычно 4–8). Деталь входит в область, камеры делают снимки, деталь покидает область. Процесс сбора данных занимает всего несколько секунд. Время анализа также довольно короткое. Таким образом, подобное решение позволяет сохранять темпы производства.

### ВИБРАЦИИ И КОЛЕБАНИЯ ТЕМПЕРАТУР

Тем не менее есть определенные ограничения. Вибрации и колебания температур могут существенным образом сказываться на точности при определении объема, а именно — на локальной точности 3D-сканера и точности положения каждого датчика. Этот тип решения основывается на принципе статичности всех камер.

Точность захвата данных с камер (положение и расстояние между каждой камерой) должна суммироваться с точностью каждого отдельного датчика. Если связь между камерами меняется, система неспособна компенсировать это изменение, что может привести к ложным выводам о наличии брака или некоего фактора, влияюще-

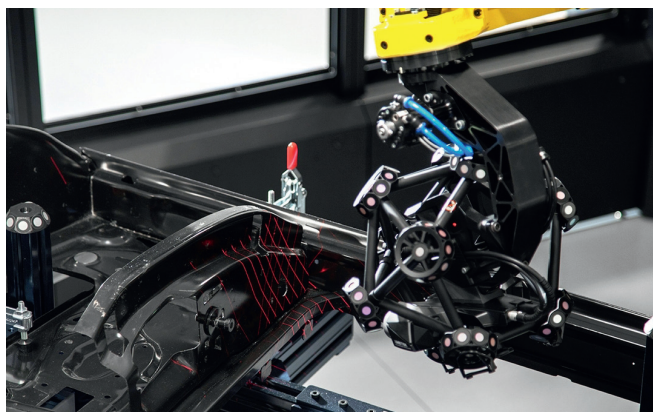


Рис. 3. Creafom CUBE-R — решение «под ключ» для автоматизированного контроля качества на базе 3D-сканера MetraSCAN 3D

го на процесс производства. Это как сидеть в машине и не знать, что она движется. Человек может думать, что движется все вокруг, кроме самой машины.

Чтобы избежать подобных проблем, приходится вкладывать большие деньги в жестко фиксирующиеся приспособления. Однако они дорогостоящие, узкоспециализированные и не обладают достаточной гибкостью. Этого можно избежать, используя внешнее отслеживающее устройство (трекер). Оптические технологии позволяют отслеживать объект в динамике в реальном времени и компенсировать воздействие вибрации поверхности или изменения в креплении в зависимости от колебаний температур.

### ПРЕИМУЩЕСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

При работе у производственной линии и на конвейере 3D-сканеры справляются с измерениями быстрее, чем традиционные устройства, что помогает сократить время работы.

Сканирование производится прямо в цеху, и операторам не нужно перемещать детали в лабораторию контроля качества. Таким образом достигается экономия затрат на транспортировку, а результаты контроля можно получить без задержек.

При сравнении готовой системы 3D-сканирования (роботизированная рука и сканер) и традиционной установки (КИМ и тактильный датчик) становится ясно, что 3D-сканирование повышает производительность, обеспечивая ту же точность измерений. Не имеющие опыта в сфере робототехники руководители ОТК смогут воспользоваться готовым решением для оптимизации повторяющихся задач, в которых участие человека нецелесообразно. Так они могут перераспределить персонал на выполнение более важных задач.

Материал предоставлен компанией Creafom  
Блог iQB Technologies, <https://blog.iqb.ru>



Специально для читателей журнала «РИТМ машиностроения» компания iQB Technologies предлагает **услугу бесплатного тестового 3D-сканирования**. Мы бесплатно отсканируем любое изделие с использованием оборудования ведущих мировых производителей. Проверьте, решит ли 3D-сканирование вашу задачу на производстве. Оставить заявку можно по эл. адресу [info@iqb.ru](mailto:info@iqb.ru) или по телефону: +7 (495) 269 62 22.

# ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В СТАТЬЕ ПРИВЕДЕНА ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ ПО ФАКТИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ, ТАКИХ КАК ВИБРОДИАГНОСТИКА И ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ И СОГЛАСОВАННОСТИ РАБОТЫ ПРИВОДОВ.

Существующая система плано-предупредительного ремонта (ППР), используемая на подавляющем большинстве отечественных предприятий, — совокупность взаимосвязанных положений и норм, определяющих организацию и выполнение работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования в целях сохранения в течение обусловленного периода времени при заданных условиях эксплуатации производительности, точности и других показателей [1].

Комплекс работ, регламентируемых такой системой, включает в себя техническое обслуживание и ремонт.

Два главных принципа системы ППР основываются на существующей связи между сроком службы оборудования и частотой поломок. Возможные сроки поломки отдельных элементов и станка в целом могут вычисляться статистически, и, следовательно, отдельные части могут быть заменены или отремонтированы до поломки.

Однако в настоящее время такой подход малоэффективен, так как происходит обновление станочного парка и растет число дорогостоящего сложного оборудования, которое требует более эффективных методов обслуживания и ремонта.

Также система ППР обладает целым рядом недостатков:

- высокий уровень затрат на проведение ППР станка (в некоторых случаях сопоставимый с первоначальной стоимостью станка);

- большие сроки технического обслуживания и ремонта (ТОиР), вызывающие простои оборудования и снижение производительности;

- снижение надежности оборудования, повышающее риск возникновения брака.

В связи с этим все более широкое распространение получают современные методы диагностики технологического оборудования, которые направлены на снижение затрат в ходе ТОиР, повышение надежности технологического оборудования и, как следствие, всей производственной системы и др.

Современные методы диагностики — это в основном методы неразрушающего контроля, позволяющие выявить места возникновения поломок, а часто и причины, вызвавшие поломку, не разбирая станок на составные части. Неразрушающий контроль основан на методах, средствах и технологиях проведения контроля оборудования, которые не разрушают и не ухудшают пригодность оборудования к эксплуатации [2]. Методы неразрушающего контроля являются основой системы обслуживания станков по фактическому состоянию.

В рамках обслуживания оборудования по фактическому состоянию одним из наиболее перспективных методов является метод вибродиагностики (ВД) техно-

логического оборудования. Данный метод позволяет при проведении диагностики станка без разборки на основании его вибрационных характеристик выявить, в каких конкретных узлах есть поломки, какие детали вышли из строя и подлежат замене. Вибродиагностика по методике, разработанной специалистами ФГУП «НПО «Техномаш», позволяет определить 23 вибрационных параметра (точность измерений — 0,5 мкм), а также установить причины дефектов станка.

Контроль оборудования по показателям вибрации осуществляется за счет сравнения текущего значения показателей с эталонными [3]. При этом эталонное значение показателей определяется путем создания динамической модели станка, которая создается на основе построения кинематической схемы и графика скоростей станка. В итоге получаем расчетный спектр возможных дефектов станка.

Далее модель переводится в управляющую программу и на измерительный прибор и производится измерение уровня вибрации по заранее заданному маршруту.

Затем данные анализируются (расчетный спектр накладывается на экспериментальные характеристики) и определяется вид дефекта.

Диагностика проводится при помощи датчика съема показаний вибрации (акселерометра), накопителя-преобразователя сигнала (виброанализатора) и программы расшифровки полученных данных. В процессе испытаний виброакустические сигналы снимаются в определенных точках станка. Схема расположения датчиков съема показаний вибраций на станке изображена на **рис. 1**.

Данный метод применяется для широкого спектра станков с числовым программным управлением (ЧПУ): обрабатывающие центры, токарные, фрезерные, токарно-фрезерные, координатно-расточные, токарно-карусельные и т.д.

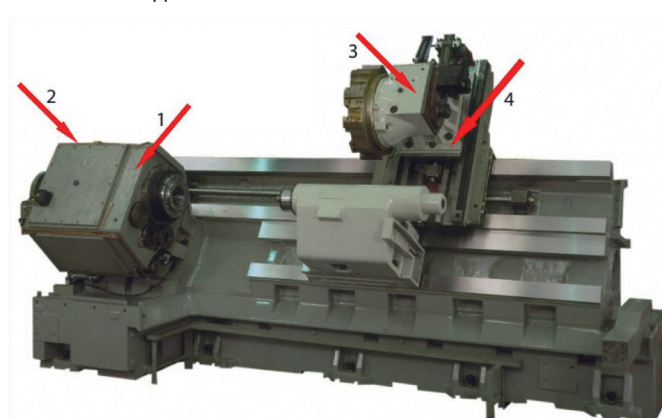


Рис. 1. Схема расположения датчиков съема показаний вибраций



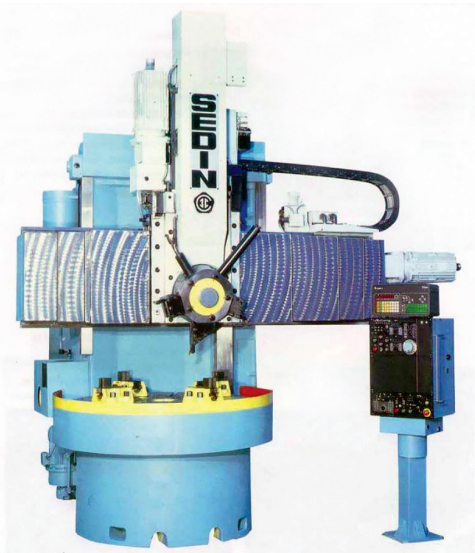


Рис. 2. Токарно-карусельный станок модели 1M512MФ3

Как отмечено ранее, существующая система ППР обладает такими недостатками, как высокий уровень затрат и большая трудоемкость проведения ТОиР.

В качестве примера рассмотрена процедура капитального ремонта механической части станка и проведен расчет экономического эффекта от применения метода ВД в сравнении с проведением капитального ремонта по системе ППР.

Экономический эффект от внедрения ВД рассмотрен на примере расчета параметров для двух токарно-карусельных станков модели 1M512MФ3: затраты на оплату труда ремонтников и затраты на закупку комплектующих для станков с ЧПУ.

Изображение станка модели 1M512MФ представлено на рис. 2.

При капитальном ремонте механической части станка по системе ППР производится полная разборка станка, замена всех деталей узлов, сборка и отладка станка. Трудоемкость капитального ремонта регламентируется в зависимости от типа и модели станка.

Метод ВД позволяет сократить затраты на проведение капитального ремонта, поскольку:

а) результаты диагностики дают информацию о том, какие узлы станка обладают дефектами, из чего следует, что необходимо будет закупать и заменять только детали тех узлов, которые вышли из строя, а не все, входящие в состав оборудования, как при ремонте по системе ППР;

б) пропадает необходимость полностью разбирать станок, сокращается трудоемкость проведения капремонта, следовательно, сокращаются затраты на оплату труда ремонтников.

При наступлении капитального ремонта для рассматриваемых станков проведена вибродиагностика. Представление итогов

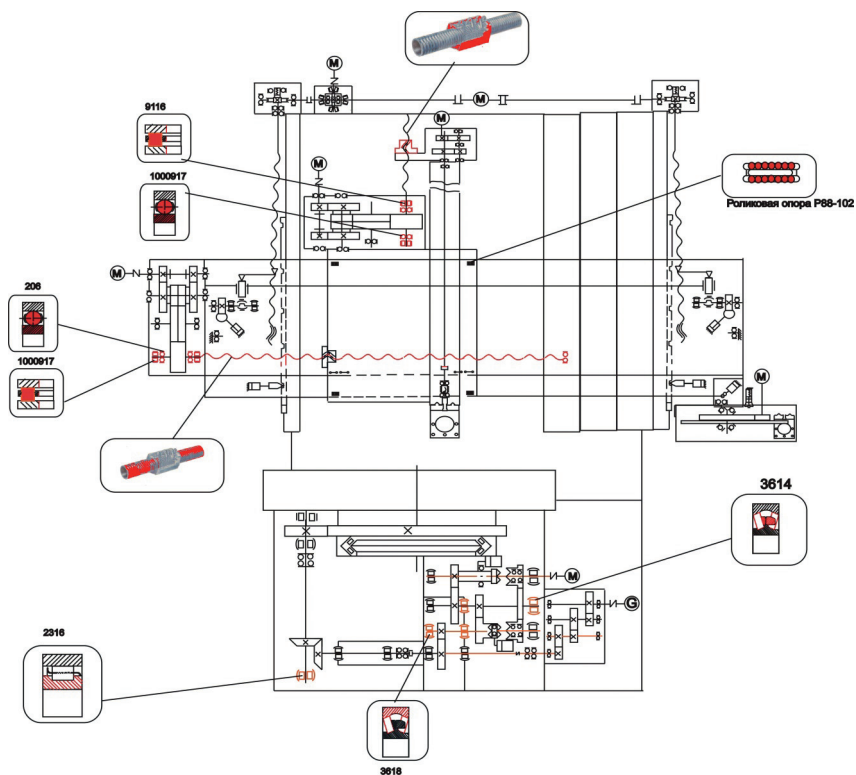


Рис. 3. Схема состояния деталей станка модели 1M512MФ3 № 1 по результатам вибродиагностики

вых результатов возможно в графическом виде согласно схеме состояния деталей станка, приведенной для станка № 1 на рис. 3 и для станка № 2 на рис. 4.

Как видно из схемы состояния деталей, у станка № 1 имеется следующий износ в трех узлах:

- в столе станка износились подшипники 3614, 3618 и 2316;
- в продольном приводе износился винт и шарики шарико-винтовой пары (ШВП), подшипники 206 и 1000917, роликовые опоры Р88-102;

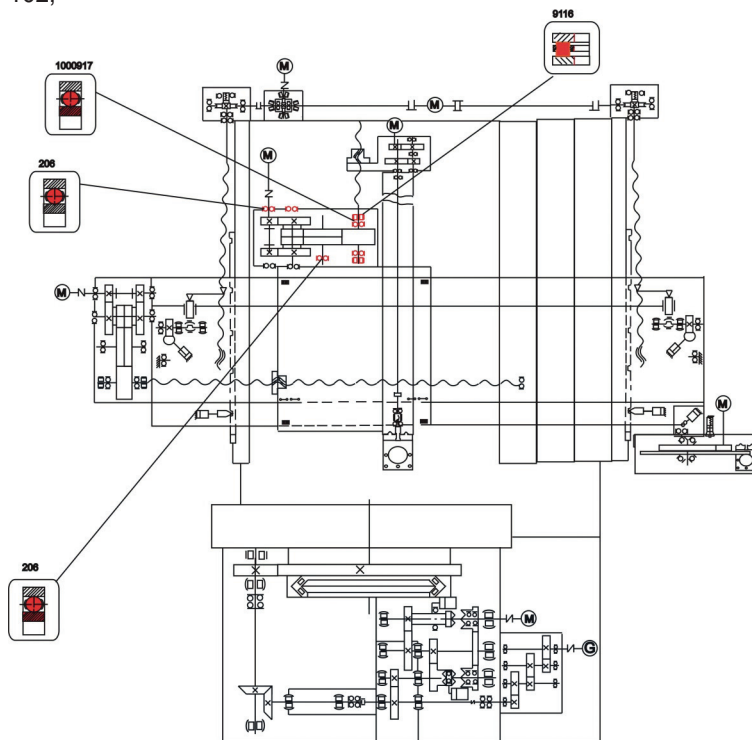


Рис. 4. Схема состояния деталей станка модели 1M512MФ3 № 2 по результатам вибродиагностики

— в вертикальном приводе износилась гайка и шарики ШВП, подшипники 9116 и 1000917.

Из схемы состояния деталей станка № 2 следует, что имеется износ в одном узле: в вертикальном приводе износились подшипники 9116 и 1000917, установленные на винте ШВП, а также имеется износ подшипников 206.

Примем, что форма оплаты труда ремонтников — временная, с часовой тарифной ставкой. Для того чтобы рассчитать затраты на оплату труда ремонтников за выполнение работ по капитальному ремонту при двух различных системах ТОиР, необходимо определить трудоемкость работ для двух случаев.

Объем ремонтных работ в системе ППР определяется в единицах ремонтосложности.

Единица ремонтосложности механической части (гм) — это ремонтосложность некоторой условной машины, трудоемкость капитального ремонта механической части которой равна 50 нормо-ч в неизменных организационно-технических условиях:

$$гм = 50 \text{ нормо-ч.}$$

Согласно нормам [1], ремонтосложность механической (Rм) части для токарно-карусельных станков модели 1М512МФ3 составляет 26,0 единиц ремонтосложности:

$$Rм = 26,0 \text{ гм.}$$

Отсюда следует, что суммарная трудоемкость капитального ремонта механической части (Тм) рассматриваемого станка определяется по формуле:

$$Тм = Rм \times гм; \quad (1)$$

$$Тм = 26,0 \times 50 \text{ нормо-ч} = 1300 \text{ нормо-ч.}$$

Исходя из результатов ВД для рассматриваемых станков (рис. 3 и 4), видно, что ремонт требуется не всем узлам станка. Следовательно, трудоемкость капитального ремонта, проводимого по фактическому состоянию, сократится.

Для станка № 1 требуется ремонт обоих ШВП и стола, а для станка № 2 требуется ремонт одной ШВП.

Таким образом, при ремонте оборудования по фактическому состоянию его узлов методом ВД значительно сокращается трудоемкость проведения капитального ремонта. В рассматриваемых случаях для станка № 1 трудоемкость капитального ремонта сократилась на 55%, а для станка № 2 — на 80%. Поскольку оплата труда ремонтников почасовая, затраты на оплату их труда сократятся пропорционально трудоемкости — на 55% и 80%.

При капитальном ремонте по системе ППР производится замена деталей, сборочных единиц и комплектующих для всех узлов станка. Это требует значительных текущих (эксплуатационных) затрат. В состав рассматриваемых станков входит пять основных узлов (шпиндельный узел, две ШВП и две коробки скоростей). Подшипников, входящих в состав пяти узлов, — 78 штук. Если производить ремонт по системе ППР, то возникает необходимость закупки всех 78 подшипников.

Чтобы оценить эффективность ремонта по фактическому состоянию с использованием метода ВД относительно системы ППР, рассчитаем расходы на приобретение подшипников для двух рассматриваемых станков. Поскольку разные производители устанавливают на свою продукцию различные цены, была проведена выборка цен на подшипники и найдено среднее значение, принятое для расчета суммарных затрат на комплектующие, которые необходимо закупить при двух способах проведения капремонта.

При ремонте по фактическому состоянию замене будут подлежать только те подшипники, которые входят в состав узлов, имеющих дефекты. Таким образом, экономический эффект, выражающийся в экономии затрат на закупку комплектующих, от применения метода ВД для станка № 1 составит 15%, а для станка № 2 — 90%.

Метод оценки точности и согласованности работы приводов — один из методов неразрушающего контроля, который используется для безразборной диагностики технологического оборудования. Он применяется для диагностики фрезерных, токарных, электроэрозионных, координатно-расточных станков с ЧПУ, координатно-измерительных машин и обрабатывающих центров.

Диагностика производится при помощи электронно-механического прибора и программы для расшифровки полученных данных. Прибор считывает данные со станка, которые передаются и автоматически обрабатываются в программе Renishaw ballbar на компьютере.

Полученные показатели характеризуют качество контурной обработки на станках с ЧПУ. По окончании проведения обработки автоматически формируется отчет с результатами анализа полученных данных, представленный в наглядном и удобном виде, включающий в себя круговую профилограмму и таблицу с полученными измерениями. Затем специалист, проводящий диагностику, на основании полученного отчета формирует рекомендации по устранению неполадок.

Значения показателей, полученные в результате диагностики, сравниваются с нормативными значениями, приведенными в ГОСТ 30527-97 «Станки металлорежущие. Методы проверки точности обработки образца-изделия» [4]. На проведение диагностики, анализа данных и выдачу рекомендаций для одного станка необходимо в среднем от 2,5 до 3 часов.

Рассмотрим применение диагностики методом оценки точности и согласованности работы приводов на четырехкоординатном станке МАНО 1000С.

Станок МАНО 1000С (рис. 5) — фрезерно-сверлильный станок с ЧПУ, произведенный компанией МАНО (в настоящее время DMG MORI), известной на рынке в качестве одного из ведущих мировых производителей металлообрабатывающих токарных и фрезерных станков с ЧПУ.

Рассмотрен эффект от применения диагностики на станке МАНО 1000С при проведении отработки режимов



Рис. 5. Станок МАНО 1000С

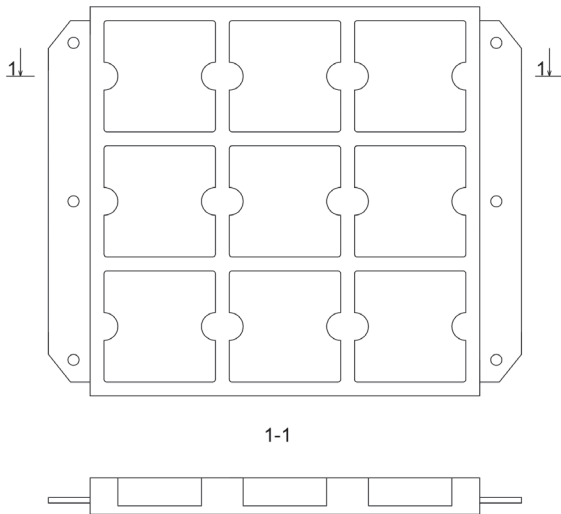


Рис. 6. Деталь № 1

резания типовых элементов конструкций вафельного фона. В результате отработки получается деталь, представленная на рис. 6, именуемая в дальнейшем деталь № 1.

До проведения диагностики бездефектное фрезерование детали № 1 могло быть реализовано на станке МАНО 1000С только при работе на скорости подачи на уровне 20 мм/мин. После проведения диагностики и регулировки станка по рекомендациям, полученным от специалиста, проводящего диагностику, станок начал точно работать при скорости подачи 500 мм/мин. Произведем расчет штучно-калькуляционного времени обработки детали № 1 при скорости подачи 500 мм/мин и 20 мм/мин с размером партии пять штук.

Штучно-калькуляционное время ( $t_{ш-к}$ ) обработки детали рассчитывается по формуле:

$$t_{ш-к} = t_{уд}^{оп} \left( 1 + \frac{\alpha + \beta + \gamma + \delta}{100\%} \right) + \frac{t_{пз}}{n_n}, \quad (2)$$

где  $t_{уд}^{оп}$  — удельное оперативное время, мин.;  $\alpha$  — норматив времени на техническое обслуживание рабочего места, %;  $\beta$  — норматив времени на организационное обслуживание рабочего места, %;  $\gamma$  — норматив времени на личные надобности и отдых, %;  $\delta$  — норматив времени на производственно-технологические перерывы, %;  $t_{пз}$  — подготовительно-заключительное время, мин.;  $n_n$  — размер партии деталей, запускаемых в производство [5].

Среднестатистические данные по распределению затрат рабочего времени в процентах для станка с ЧПУ приведены на рис. 7 [6, с. 622].

Основное время обработки одной детали № 1 на станке МАНО 1000С при скорости подачи 500 мм/мин составило 10,8 мин.

Основное время в структуре затрат рабочего времени обработки 1 детали, которое делится на оперативное и вспомогательное, занимает 40%, что соответствует 10,8 мин. Доля вспомогательного времени составляет 8,5%, пропорционально можно рассчитать его удельную длительность в минутах ( $t_{уд}^{вс}$ ):

$$t_{уд}^{вс} = \left( \frac{10,8 \cdot 8,5}{40} \right) = 2,3 \text{ мин.}$$

Для расчета нормативов времени на техническое и организационное обслуживание рабочего места, а также

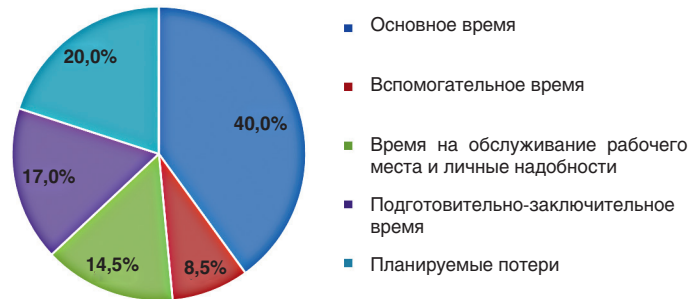


Рис. 7. Структура распределения затрат рабочего времени для станка с ЧПУ

на личные надобности и отдых воспользуемся формулой:

$$\alpha + \beta + \gamma = \left( \frac{t_{омт} + t_{омо} + t_{от}}{t_{оп}} \right) \cdot 100\% = \left( \frac{t_{омт} + t_{омо} + t_{от}}{t_{ос} + t_{вс}} \right) \cdot 100\%, \quad (3)$$

где  $t_{омо}$  — время на организационное обслуживание рабочего места, мин.;  $t_{омт}$  — время на техническое обслуживание рабочего места, мин.;  $t_{от}$  — время на личные надобности и отдых, мин. [5].

Рассчитываем нормативы времени на обслуживание рабочего места, а также на личные надобности и отдых по формуле (3):

$$\alpha + \beta + \gamma = \frac{19,5}{54 + 11,5} \cdot 100\% = 30\%.$$

Время регламентированных производственно-технологических перерывов, не зависящих от рабочего, обусловленных технологией и организацией производства, в данном случае отсутствует, поэтому норматив времени на производственно-технологические перерывы:  $\delta = 0$ .

Таким образом, при заданной скорости подачи 500 мм/мин. штучно-калькуляционное время обработки детали № 1 на станке МАНО 1000С будет рассчитано по формуле (2):

$$t_{ш-к} = (10,8 + 2,3) \cdot \left( 1 + \frac{30+0}{100} \right) + \frac{23}{5} = 21,6 \text{ мин.}$$

Основное время обработки одной детали № 1 при скорости подачи 20 мм/мин составило 270 мин.

Так как скорость подачи влияет только на величину основного времени, значения длительности времени на обслуживание рабочего места и на личные надобности и отдых, длительности подготовительно-заключительного времени и вспомогательного времени сохраняются. Таким образом, при заданной скорости подачи 20 мм/мин норматив штучно-калькуляционного времени обработки детали рассчитываем по формуле (2):

$$t_{ш-к} = (270 + 2,3) + (10,8 + 2,3) \cdot \frac{30 + 0}{100} + \frac{23}{5} = 280,8 \text{ мин.,}$$

то есть при снижении скорости подачи в 25 раз (с 500 мм/мин до 20 мм/мин,  $500/20 = 25$ ) штучно-калькуляционное время обработки детали увеличивается в 13 раз (с 21,6 мин. до 280,8 мин.,  $280,8/21,6 = 13$ ).

Норма выработки в смену ( $НВ_{см}$ ), отражающая количество работы, совершаемой в единицу времени, рассчитывается по формуле:

$$НВ_{см} = \frac{T_{см}}{t_{ш-к}}, \quad (4)$$

где  $T_{см}$  — продолжительность смены, мин.



При скорости подачи 500 мм/мин за восьмичасовую смену (480 мин.) в соответствии с формулой (4) деталей № 1 будет обработано:

$$HB'_{CM} = \frac{480}{21,6} = 22,2 \text{ шт./смену.}$$

Норма выработки — величина целая, поэтому принимаем, что при скорости подачи 500 мм/мин норма выработки будет равна 22 шт. в смену.

При скорости подачи 20 мм/мин за восьмичасовую смену согласно формуле (4) будет обработана только одна деталь № 1:

$$HB'_{CM} = \frac{480}{280,8} = 1,71 \text{ шт./смену.}$$

При скорости подачи 20 мм/мин, принимаемое значение нормы выработки будет одна штука в смену.

Таким образом, норма выработки в смену после проведения диагностики увеличивается в 22 раза

$$\left( \frac{HB'_{CM}}{HB'_{CM}} = \frac{22}{1} = 22 \right).$$

Эффект от использования метода оценки точности и согласованности работы приводов — увеличение нормы выработки на 21 штуку за смену ( $HB_{CM} - HB'_{CM} = 22 - 1 = 21$  штука в смену). Следовательно, обслуживание станочного парка на основе метода оценки точности и согласованности работы приводов приводит к значительному повышению точности и производительности работы технологического оборудования.

Соответственно применение современных методов диагностики дает значительный экономический эффект. Метод вибродиагностики позволяет экономить

на затратах на оплату труда ремонтников и на закупке комплектующих. В зависимости от состояния станка затраты по первому параметру могут сократиться до 80%, а по второму — до 90%.

Метод оценки точности и согласованности работы приводов позволяет поддерживать на необходимом уровне производительность и точность технологического оборудования, а также надежность всей производственной системы.

**Евгений Георгиевич Рахмилевич, E. Rahmilevich@tmnp.ru**  
**Дарья Валерьевна Куликова, kulikovadasha1999@gmail.com**  
**Александра Николаевна Жигарь, aleksandrzhigar@mail.ru**  
 Центр технологического развития РКП  
 ФГУП «НПО «Техномаш»  
**Павел Андреевич Волосистов, volosistovpavel@mail.ru**  
 РТУ МИРЭА

**Литература**

1. Клягин В.И., Сабиров Ф.С. Типовая система технического обслуживания и ремонта металлорежущего и деревообрабатывающего оборудования. — М.: Машиностроение, 1988.
2. ГОСТ Р 53697–2009. Контроль неразрушающий. Основные термины и определения. — Москва: Стандартинформ, 2010. 2 с.
3. ГОСТ Р ИСО 13373–1–2009 Контроль состояния и диагностика машин. Вибрационный контроль состояния машин. Часть 1. Общие методы. — Москва: Стандартинформ, 2010. 8 с.
4. ГОСТ 30527–97 Станки металлорежущие. Методы проверки точности обработки образца-изделия.
5. Нормативное планирование и контроль затрат: учеб. пособие / Е.В. Алексеева, Н.Ю. Иванова, С.Г. Фалько; под ред. С.Г. Фалько. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. 75, [1] с.: ил.
6. Справочник технолога-машиностроителя / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. В 2-х т. Т. 1. М.: Машиностроение, 1986. 656 с.



**РОССИЙСКИЙ  
ПРОМЫШЛЕННЫЙ  
ФОРУМ**

**3-5 марта**  
**ВДНХ ЭКСПО УФА 2021**

**Специализированные выставки**

- **Машиностроение • Металлообработка**
- **Средства защиты**
- **Инновационный потенциал Уфы**

**Мероприятия проводятся с учетом всех требований Роспотребнадзора**

**ОРГАНИЗАТОРЫ**



**ПОДДЕРЖКА**



+7 (347) 246 41 80, 246 41 77    promexpo@bvkeexpo.ru

prombvk    promexroufa    #рпфуфа    #промфорумуфа

**www.prombvk.ru**



Главное событие отрасли  
в России и странах СНГ

# ФОТОНИКА МИР ЛАЗЕРОВ И ОПТИКИ

## 30 марта – 2 апреля 2021

При поддержке Министерства  
промышленности и торговли РФ

Под патронатом ТПП РФ

15-я юбилейная международная  
специализированная выставка  
лазерной, оптической  
и оптоэлектронной техники



Реклама 12+



Россия, Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»  
[www.photonics-expo.ru](http://www.photonics-expo.ru)





# XXIV



Московский  
международный  
Салон изобретений  
и инновационных  
технологий

# АРХИМЕД

23 - 26 марта 2021

1961-2021

60-летию полета Ю.А. Гагарина  
в космос посвящается!

Москва, Россия,  
Конгрессно-выставочный центр  
"Сокольники", павильон №2

## КОНКУРСНАЯ ПРОГРАММА:

Презентация  
высокотехнологичных проектов

Международная выставка  
товарных знаков  
«Товарный знак - Лидер»

Международная научно-  
практическая конференция  
«Актуальные вопросы  
изобретательской,  
и патентно-лицензионной  
деятельности»

Международная  
выставка изобретений,  
новых продуктов  
и услуг

Заявки на участие  
принимаются до  
10 марта 2021 года

105187, г.Москва,  
ул.Щербаковская, д.53, к.В,  
ООО "АрхимедЭкспо",  
e-mail: mail@archimedes.ru  
Телефон/факс:  
+7(495) 366-14-65,  
+7(495) 366-03-44  
www.archimedes.ru

www.archimedes.ru





# rosmould

featuring **3D-TECH Area**

Международная выставка форм, пресс-форм, штампов, услуг по проектированию изделий и их контрактному производству

**15 – 17 июня 2021**

МВЦ «Крокус Экспо», Москва

+ Специализированный раздел выставки  
**Аддитивные технологии и 3D-печать**

[www.rosmould.ru](http://www.rosmould.ru)

в сотрудничестве с



Организаторы:



**messe frankfurt**

**mesago**

Messe Frankfurt Group



24-28 | 05 | 2021

Россия, Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»  
[www.metobr-expo.ru](http://www.metobr-expo.ru)



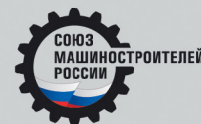
# 2021

21-я международная  
специализированная  
выставка

# МЕТАЛЛООБРАБОТКА

«Оборудование, приборы  
и инструменты  
для металлообрабатывающей  
промышленности»

При поддержке:



Реклама 12+



Организатор:



# ПОДПИСНОЙ КУПОН НА ЖУРНАЛЫ



## РИТМ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Вы можете оформить подписку на журнал «РИТМ машиностроения» с любого месяца. Стоимость одного номера — 250 рублей, стоимость годовой подписки (10 номеров) — 2500 рублей.

Для выставления счета направьте заполненный купон по адресу: [ritm@gardesmash.com](mailto:ritm@gardesmash.com)

### БАНКОВСКИЕ РЕКВИЗИТЫ:

ООО «ПРОМЕДИА»  
Юр. адрес: 101000, г. Москва,  
Милютинский пер., 18А  
Почт. адрес: 101000, г. Москва,  
Милютинский пер., 18А, оф. 36с  
ИНН 7708266787  
КПП 770801001  
Р/с 40702810400120033781  
ПАО АКБ « АВАНГАРД»  
г. Москва  
К/с 30101810000000000201  
БИК 044525201

Фамилия, имя, отчество (получателя):

Наименование предприятия (организации, фирмы):

Индекс и полный почтовый адрес (получателя):

Юридический адрес (для выставления счета)

ИНН/КПП

Телефон:

E-mail (если он имеется)

Подписка на журнал «РИТМ машиностроения»:  номер  год

Подписка на журнал «Аддитивные технологии»:  номер  год



Вы можете оформить подписку на журнал «Аддитивные технологии» с любого месяца. Стоимость одного номера — 250 рублей, стоимость годовой подписки (4 номера) — 1000 рублей.

Для выставления счета направьте заполненный купон по адресу: [info@additiv-tech.ru](mailto:info@additiv-tech.ru)



101000, Москва, Милютинский пер., 18А, оф. 36с, пом. 1, т/ф (499) 55-9999-8,

e-mail: [ritm@gardesmash.com](mailto:ritm@gardesmash.com), [www.ritm-magazine.ru](http://www.ritm-magazine.ru)

e-mail: [info@additiv-tech.ru](mailto:info@additiv-tech.ru), [www.additiv-tech.ru](http://www.additiv-tech.ru)