

# РИТМ

МАШИНОСТРОЕНИЯ

'4  
2021



Компания "АМГ" –  
официальный дилер в РФ

/// Поставка запасных частей,  
инструмента, оснастки

/// Полный спектр услуг  
по обслуживанию  
и ремонту

**ALIKO**  
Press brakes from Finland

Листогибочные прессы премиум-класса

**ALIKO**  
Press brakes from Finland

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

[www.aliko.fi/ru](http://www.aliko.fi/ru)

# EMO MILANO

2021  
fieramilano 4-9 October

THE MAGIC WORLD OF METALWORKING



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



FONDAZIONE UCIMU



ITA  
ITALIAN TRADE AGENCY



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



**ОАО «СКБ ИС»**  
Специальное конструкторское бюро  
измерительных систем



# **СДЕЛАНО В РОССИИ**

Абсолютные и инкрементные  
преобразователи линейных перемещений  
с разрешением до 10 нанометров

**Совместимы  
с системами ЧПУ**

**SIEMENS  
FANUC  
Балт-Систем  
Модмаш-Софт и др.**



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

+7(812)334-17-72

[lir@skbis.ru](mailto:lir@skbis.ru)

# СОДЕРЖАНИЕ

- 4**  
Защита машины Marposs Plug&Play/Marposs Plug&Play Machine Protection
- 14**  
Листогибочные прессы премиум-класса/Premium Class bending press
- 15**  
Компания «АМГ». Станки. Технологии. Сервис/  
Company AMG. Machine tools. Technologies. Service.
- 18**  
Для кого принимаются постановления правительства?/  
For whom are government decisions made?
- 20**  
WIDIA расширяет ассортимент свёрл со сменными головками TOP DRILL Modular X™/  
WIDIA expands TOP DRILL Modular X™ interchangeable head drill range
- 24**  
Первая домашняя выставка «DMG MORI РОССИЯ» в Москве/  
The first domestic exhibition of DMG MORI RUSSIA in Moscow
- 26**  
Токарные станки Atomat S.p.a/ Lathes Atomat S.p.a
- 29**  
Ficer Energy: новый обрабатывающий центр с ЧПУ для изготовления башен ветряных генераторов / Ficer Energy: new CNC machining center for production of windgenerator towers
- 30**  
Крупногабаритный многозадачный обрабатывающий центр Innse-Berardi /  
Large-sized multitasking machining center Innse-Berardi
- 32**  
Роботизированные модули для станков/Robotic modules for machine tools  
Видеоизмерительные машины Mitutoyo/ Vision Measuring systems Mitutoyo
- 33**  
Дайджест технологических возможностей от OKUMA/  
OKUMA technology features digest  
Инжиниринговые решения для модернизации производств/  
Engineering solutions for production modernization
- 34**  
Интеллектуальные системы хранения ОСК – логистический центр производства/  
OSK Intelligent storage systems – production logistics center
- 36**  
Развитие ультрапрецизионного шлифования: оборудование (часть 2)/  
Development of ultra-precision grinding: equipment (part 2)
- 48**  
HTЦ «ИНЭЛСИ»: цифровые системы ЧПУ IntNC PRO в промышленности/  
STC INELSY: digital CNC systems IntNC PRO in industry
- 54**  
LightWELD 1500 – компактная и простая система ручной лазерной сварки от ООО «ИРС»/  
LightWELD 1500 – a compact and simple manual laser welding system from IRS
- 56**  
Оптоволоконный лазер VS CO<sub>2</sub>-лазер/ Fiber laser VS CO<sub>2</sub>-laser
- 65**  
Технологические аспекты холодной гибки труб со скручиванием/  
Technological aspects of cold bending of pipes with twisting
- 73**  
Гибридные технологии и оборудование/ Hybrid technologies and equipment
- 84**  
Аддитивные технологии в системе среднего профессионального и высшего образования/  
Additive technologies in secondary vocational and higher education level

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

Отдел рекламы: Е. Пуртова,  
Е. Ерошкина

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@gardes mash.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.



## Виртуальное моделирование сварки, ОМД, аддитивных технологий

Позволяет с высокой точностью представить физику сложных технологических процессов. Существенно повышает качество изделий и экономит ресурсы

### **Simufact Forming**

Моделирование процессов обработки металлов давлением и термообработки

### **Simufact Welding**

Компьютерное моделирование и оптимизация процессов сварки

### **Simufact Additive**

Моделирование процессов 3D печати, позволяет изготовить деталь с первой попытки

### **MSC Apex | Generative Design**

Генеративный дизайн для аддитивных технологий

[mcssoftware.com/ru](https://mcssoftware.com/ru)



# ЗАЩИТА МАШИНЫ MARPOSS PLUG&PLAY



Marposs предлагает полные модульные системы защиты машин: в дополнение к удовлетворению требований производственного процесса основное внимание здесь уделяется умной и экономичной установке и масштабируемости с единой операционной структурой.

Многолетний опыт был заложен в инновационные, первоклассные решения для постоянного мониторинга и повышения

доступности машин и оборудования. Таким образом, во время могут быть обнаружены изменения в производительности машин и приняты соответствующие меры.

Модульная система защиты машины Genior Modular CMS02 от Marposs надежно обнаруживает столкновения и аварии и может немедленно остановить соответствующие приводы.

## ОГРОМНЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ ИЗ-ЗА СТОЛКНОВЕНИЙ И АВАРИЙ

Столкновения и аварии, которые происходят в машинах, устройствах или роботах, часто могут привести к серьезным повреждениям с высокими последующими издержками. Степень повреждения может быстро стать значительной и привести не только к непригодности компонента, но и к повреждению важной части машины. Ремонт стоит дорого, и прежде всего, останавливается производство.

Основными причинами отказа являются износ деталей и эксплуатационные ошибки. Можно выделить две категории причин: геометрические столкновения (между движущимися компонентами внутри станка) и технологические столкновения (из-за перегрузочных ситуаций при рабочем вмешательстве режущей кромки инструмента в заготовку). Распространенными причинами являются неправильные параметры резания, износ или включения в материал, а также, а также как упоминалось ранее, эксплуатационные ошибки, такие как неправильный инструмент или ручное перемещение осей.

## МЕРЫ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ИЛИ УМЕНЬШЕНИЮ УЩЕРБА

Производственный станок останавливается, и даже если работник реагирует немедленно, может пройти несколько секунд, прежде чем она остановится окончательно. Это часто слишком долго, чтобы избежать последующего ущерба. Вы должны реагировать быстро!

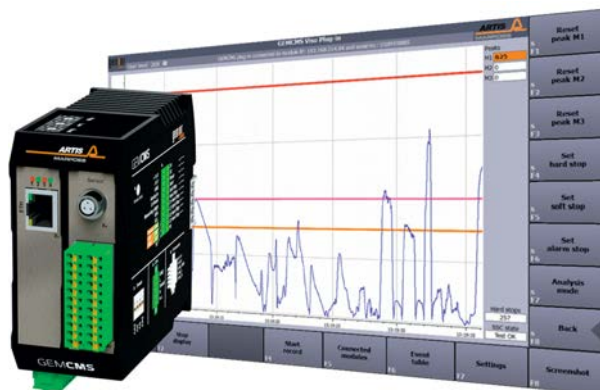
Система защиты станка GEMCMS02 немедленно обнаруживает ошибки и инициирует остановку осей и шпинделей. Время реакции составляет менее одной миллисекунды (<1 мс). Ущерб резко уменьшается или даже предотвращается с помощью нашей системы. Пользователи системы защиты машины получают вознаграждение по крайней мере от одной крупной европейской страховой компании, которая предлагает скидку в размере 25% от страхового тарифа, поскольку риск повреждения значительно снижается.

## МОДУЛЬНЫЙ И ПРОСТОЙ

Новая компактная система защиты машины Genior Modular CMS02 состоит из электронного модуля, датчика и программного пакета для настройки, визуализации и управления данными. Интеграция в новые или существующие машины и системы проста. Модуль устанавливается на DIN-рейку в шкафу управления или в полевом корпусе. Пьезоэлектрический тензодатчик установлен в подходящем месте в конструкции устройства. Связь с управлением машиной осуществляется через Ю-соединение и поэтому может использоваться независимо от типа управления. Доступ и визуализация данных осуществляются через Ethernet-соединение из системы на базе WINDOWS, такой как промышленный ПК или панель управления машиной, но также могут выполняться непосредственно на контроллере SIEMENS TCU (LINUX).

## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ПРЕИМУЩЕСТВ GEMCMS02

- Машина надежно обнаруживает перегрузки, столкновения и аварии в автоматическом и ручном режиме — от очень медленных до очень быстрых осевых скоростей.
- Время отклика системы составляет < 1 мс.
- Простая интеграция в новые или существующие машины, приспособления или роботы.
- Система постоянно работает в фоновом режиме. Оперативные вмешательства необходимы только в случае тревоги (жесткая остановка)



- Регистратор событий (Blackbox) надежно записывает соответствующие данные о предупреждениях с датой, временем и значениями и может быть использован для дальнейшей оценки и анализа.

- Данные датчиков и данные событий могут быть оценены с помощью CSV-данных.

Положительные отзывы пользователей и страховщиков подтверждают уникальные особенности системы: по крайней мере одна крупная европейская страховая компания оценивает риск ущерба значительно ниже при установке GEMCMS02 и предоставляет эксплуатирующей компании скидку 25% на страховой полис!



MARPOSS

www.marposs.com

JUNKER  
GROUP



24-28 МАЯ 2021

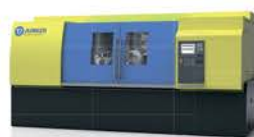
ПАВИЛЬОН 2.2 | СТЕНД D31  
МОСКВА, РОССИЯ

# ДИНАМИКА ТОЧНОСТЬ ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ

Новые технологии и инновационные концепции как шлифовальной обработки, так и промышленных систем фильтрации являются основой постоянного развития Группы JUNKER. Будь то круглое или некруглое шлифование, внешняя или внутренняя обработка: обширный ассортимент продукции компании, являющейся технологическим лидером, включает в себя шлифовальные станки для любого задания, размера партии и уровня требований.

Успех ждет динамичных!

[www.junker-group.com/ru/tehnologija](http://www.junker-group.com/ru/tehnologija)



## ФОТОНИКА: ВАЖНЫЕ РЕШЕНИЯ

С 30 марта по 2 апреля в Москве в ЦВК «Экспоцентр» после двухлетнего перерыва с успехом прошла выставка «Фотоника. Мир лазеров и оптики–2021», обратившая внимание как на достижения, так и на проблемы отрасли.

Итоговая статистика форума в целом оказалась практически такой же, как в доковидном 2019-м — свою продукцию демонстрировали 155 организаций, представляющих 10 стран (Австрия, Армения, Белоруссия, Германия, Китай, Литва, Россия, США, Финляндия, Япония), в рамках деловой программы состоялось 25 запланированных мероприятий. Общее число посетителей было всего лишь на 6% меньше, чем в 2019-м, при этом на выставке побывали представители 22 стран (помимо России) и 70 регионов РФ.

В ходе прошедших во время выставки заседаний — и на съезде ЛАС — постоянно поднимались вопросы состояния и будущего отрасли, востребованности фотоники в России и организации взаимодействия между участниками внутреннего рынка продукции фотоники. По своей остроте четко выделялись три темы: отсутствие в стране внятной стратегии развития фотоники как отрасли при очевидной необходимости использования ее технологий для эффективного решения насущных экономических, социальных и оборонных задач; неудовлетворенность работодателей имеющейся системой подготовки кадров создателей и пользователей лазерно-оптической техники; очевидное противоречие между острой необходимостью импортозамещения во многих областях хай-тека и системой оценки эффективности работы отечественных ученых, требующей делать результаты выполненных ими НИОКР доступными в первую очередь зарубежным, а не российским компаниям.

Эти темы были вынесены для обсуждения и на Экспертном совете при Комиссии Госдумы ФС РФ по правовому обеспечению развития организаций ОПК, проходившем 30 марта 2021 г. Заседание проводилось в открытом режиме, и на нем присутствовали и имели возможность выступить более 30 специалистов российской лазерно-оптической отрасли, не являющихся членами совета.

**После заинтересованного, конструктивного обсуждения совет констатировал:**

1. Роль фотоники как отрасли, стратегически важной для инновационного развития экономики страны, в России, к сожалению, недооценивается. Минпромторг России не взял на себя функции координатора этой отрасли, Представители Минпромторга не участвуют в обсуждении вопросов планирования ее развития с отраслевыми объединениями и с Экспертным советом по фотонике при Государственной думе, действующие общегосударственные документы долгосрочного планирования развития и освоения технологий фотоники в стране отсутствуют, их разработка не ведется. Результаты реализации в Российской Федерации утвержденного правительством отраслевого плана развития («дорожной карты») в 2013–2020 гг. не проанализированы и не получили никакой официальной оценки.

2. Наиболее острыми общеотраслевыми проблемами являются сегодня отсутствие собственного производства целого ряда материалов и компонентов фотоники, нехватка квалифицированных кадров для создания и эксплуатации оборудования фотоники, отсутствие четкой направленности прикладных НИОКР по фотонике, получающих



бюджетную поддержку через программы Минобрнауки и институты развития, на решение конкретных задач отечественных предприятий и организаций, отсутствие в министерствах и госкорпорациях специализированных структур, отвечающих за обеспечение подведомственных организаций инструментарием фотоники, полное отсутствие учета производства, импорта и экспорта продукции фотоники в стране.

3. Имеющийся в стране научно-производственный потенциал в части фотоники (более 250 НИИ, НПО, НПП, КБ, ведущих работы по фотонике, 60 больших и более 400 малых предприятий с общим объемом производства продукции фотоники в 130–140 млрд руб/год, 13 университетов, организовавших высшее образование по группе специальностей в фотонике) и опыт налаживания эффективного сотрудничества профильных организаций (примерами могут служить технологическая платформа «Фотоника» с 200 коллективными участниками, исполнители межведомственных программ «Оптика–2020» и «Оптика–2025» консорциум «Радиофотоника» и Пермский инновационный кластер волоконно-оптических технологий с десятками организаций-участников, Центр компетенции НТИ по фотонике со складывающимся консорциумом профильных коллективов) могут и должны быть использованы для создания необходимой для экономики и обороноспособности страны эффективной высокотехнологичной лазерно-оптической отрасли.

4. Стране необходим государственный документ высшего уровня, определяющий цели, задачи и этапы развития отечественной фотоники, необходимые для ее развития, ресурсы и порядок контроля работ по достижению утвержденных целей. В подготовке такого документа готовы принимать участие Минобрнауки, Минздрав, ГК «Ростех», ГК «Роскосмос», для учета возможностей и интересов негосударственных организаций отрасли этот документ должен опираться на стратегическую программу российской технологической платформы «Фотоника».

**Совет принял решение** просить Комитет Государственной Думы по промышленности и предпринимательству ознакомиться с результатами выполнения плана работ («дорожной карты») по развитию фотоники в стране в 2013–2020 гг., с отчетом Минпромторга России о выполнении функций координатора работ по этой «дорожной карте» и заключением Минпромторга о целесообразности сохранения этих функций, а также обратиться к председателю правительства РФ с предложением принять меры для целенаправленного развития и практического освоения технологий фотоники в стране с созданием координационно-контрольной системы, обеспечивающей максимально эффективное использование выделяемых на эти цели бюджетных средств. Первым шагом рекомендовать создание стратегической программы развития фотоники и освоения ее технологий в реальном секторе экономики на период до 2030 г с участием технологической платформы «Фотоника» и заинтересованных ведомств.

«Лазер-Информ» № 8 (695), апрель 2021 г.





Резидент Технопарка ИТМО

Разработка и поставка лазерно-оптического оборудования и компонентов российского и импортного производства

Выставка  
МЕТАЛЛООБРАБОТКА  
24 – 28 мая

**2021**

г. Москва, ЦВК «Экспоцентр»

Павильон ФОРУМ  
стенд № FC070

## Готовые решения для лазерной обработки металлов мощностью до 20 кВт



АО «ЛЛС» – официальный дистрибьютор HSG на территории России и стран СНГ

### 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 комплектующих от ведущих мировых производителей (**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 из 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



- Подбор лазерных комплексов для решения ваших задач
- Обработка образцов клиентов на оборудовании HSG
- Доставка по всей России и СНГ

- Пуско-наладочные работы и обучение персонала
- Гарантийное и постгарантийное обслуживание
- Демонстрация оборудования на научно-производственном участке АО «ЛЛС»



lenlasers.ru



lenlasers\_spb



lenlasers.ru



lenlasers



+ 79219246590

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

lls-mark.ru  
lenlasers.ru

+7(812)612-99-82  
nfo@lls-mark.ru



*Современное высокотехнологичное оборудование  
для электродугового нанесения покрытий  
Непрезойденное качество и свойства покрытий*

[www.t-s-t.ru](http://www.t-s-t.ru)

## ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В этом году на выставке «Металлообработка–2021», которая пройдет с 24 по 28 мая в ЦВК «Экспоцентр», г. Москва, научно-промышленная корпорация «Дельта-Тест» представит единую экспозицию объединенной группы «АРТА», включающую три основных направления:

- НПК «Дельта-Тест»: современные российские электроэрозионные станки и системы ЧПУ «АРТА» от ведущего разработчика и производителя;
- «Арта Компонент»: поставка расходных материалов и частей электроэрозионных станков, а также промышленных комплектующих и компонентов;
- «Арта Технология»: производственные услуги на современном обрабатывающем оборудовании, специальные технологии и решения для различных отраслей промышленности.



В рамках стенда № 21В40 (павильон 2, зал 1) будут представлены последние разработки и инновационные проекты группы, среди которых:

- ультрапрецизионный электроэрозионный станок ARTA 454 S очередной модификации (рестайлинг 2021 года), включающий в себя последние технические решения и обновленные технологические возможности;
- передовые разработки компании в области применения композиционных материалов в качестве базовых конструктивных элементов оборудования «АРТА» (структуры на основе синтетграна);
- концепция машинотехнологической экосистемы Arta Skynet для построения интегрированных производств на базе единой платформы ЧПУ с использованием облачных сервисов, удаленного управления и контроля работы парка оборудования предприятий;
- и другие новые продукты и технологии.

## ДЛЯ БОЛЬШОГО РЯДА ЗАДАЧ

Новый наносекундный иттербиевый оптоволоконный лазер YLPN-2-20x500-300 производства IPG имеет широкий диапазон параметров, что важно при подборе технологических решений для большого ряда задач обработки поверхностей, таких как скрайбирование, текстурирование, сверление отверстий и микрообработка.



Лазер генерирует наносекундные импульсы длительностью от 20 до 500 нс со средней выходной мощностью до 300 Вт и управляемой в диапазоне от 2 до 4000 кГц частотой следования. Энергия в импульсе 2 мДж и полностью воздушное охлаждение делают данный источник идеальным решением для мобильных установок лазерной очистки и высокопроизводительной маркировки. Выходной изолятор и усовершенствованная внутренняя электроника обеспечивают высокую стабильность выходной мощности и позволяют обрабатывать материалы с высокой отражающей способностью. Надежная цельноволоконная конструкция в прочном корпусе позволяет работать в жестких промышленных условиях.

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

## КОДИФИКАЦИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ РОБОТОТЕХНИКИ

Росстандарт внес коды промышленной робототехники и устройств числового программного управления в общероссийский классификатор продукции по видам экономической деятельности (ОКПД 2) и общероссийский классификатор видов экономической деятельности (ОКВЭД 2). Приказы вступят в силу с 1 июня 2021 г.

«Внесенные изменения в российский классификатор помогут более качественно отслеживать динамику развития российских производителей робототехники и систем ЧПУ и оказывать им государственную поддержку финансовыми и регуляторными механизмами. В перспективе это должно привести к увеличению доли российских производителей этой продукции на российском рынке», — отметил министр промышленности и торговли РФ Денис Мантуров.

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



## ПЕРЕДОВЫЕ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

### СОЗДАНО В РОССИИ



#### Высокие технологии

Современные системы ЧПУ, микропроцессорные генераторы собственной разработки, проведение НИОКР по созданию специального оборудования в области микроэрозии



#### Каждый станок АРТА производится в России

Официальное подтверждение Минпромторга РФ в рамках постановления Правительства Российской Федерации № 719 от 17.07.2015



#### Широкие возможности

Эффективное применение для широкого спектра задач электроэрозии: изготовление штампов, пресс-форм, инструмента, различных специальных изделий



#### Более 25 лет опыта

в разработке, в разработке, совершенствовании и изготовлении сложного прецизионного оборудования для электроэрозионной обработки материалов

**Научно-Промышленная Корпорация «Дельта-Тест»**

Россия, 141190, Московская область, г. Фрязино,  
территория Восточная Заводская промышленная, 4а

## HANNOVER MESSE — ПРОСТРАНСТВО ИННОВАЦИЙ

«Витрина промышленности будущего, катализатор таких будущих тем, как искусственный интеллект, устойчивое производство и 5G» — вот характеристики ведущей мировой выставки инновационных аналоговых, цифровых и гибридных технологий HANNOVER MESSE. По давней традиции выставку открывает канцлер Германии. Так было и в этот раз, только событие состоялось в цифровом формате, как и сама выставка, название которой дополнилось словами Digital Edition. Канцлер Германии д-р Ангела Меркель выступила со вступительной речью в прямом эфире Федеральной канцелярии. Лейтмотивом всех приветственных вступлений была констатация факта, что сегодня Индустрия 4.0 пользуется всемирным признанием и вместе с искусственным интеллектом и 5G укрепляет конкурентные позиции Германии как производственной площадки.

Основными темами экспозиции и конференций HANNOVER MESSE в этом году стали искусственный интеллект для промышленности и машинное обучение, робототехника и технологии, упрощающие программирование роботов, Industrie 4.0, производство и энергоснабжение с нейтральным выбросом CO<sub>2</sub> и логистика 4.0, а также решения для электронной мобильности будущего. Онлайн-посетители получили прямой доступ к технологиям и решениям компаний-экспонентов. На выставке было представлено около 7000 наименований продукции, в том числе 1700 премьер и почти 400 научно-исследовательских проектов.

### «МУТАЦИЯ» ВЫСТАВОЧНОГО ФОРМАТА

На HANNOVER MESSE Digital Edition пандемия COVID-19 вызвала мутации совсем не медицинского характера. С одной стороны, в течение пяти дней прямой трансляции 90 000 посетителей просмотрели более 3,5 миллионов страниц и отправили 700 000 поисковых запросов в поиске экспонентов и продуктов. Кроме того, прямые трансляции новой конференции и экспонентов собрали около 140 000 просмотров. Успех HANNOVER MESSE в цифровом исполнении превзошел все ожидания организаторов. С другой стороны, личное общение, по всеобщему мнению, не может заменить ничто. В этом отдают себе отчет все участники выставочного процесса — организаторы, экспоненты, посетители. Понимая, что более чем когда-либо, важно выйти из вызванного

пандемией кризиса с помощью новых решений и бизнес-моделей, организаторы HANNOVER MESSE объявили о намерении впрячь в одну телегу «коня и трепетную лань», а именно — объединить лучшее из цифрового и аналогового миров. Иными словами, отныне выставки будут гибридными. Так утверждает Йохен Кёклер (Jochen Köckler), председатель совета директоров Deutsche Messe AG. «Среди прочего, теперь мы знаем, что привлекаем совершенно новых участников и посетителей. Когда мы переносим эти знания на наши физические мероприятия, мы многократно увеличиваем пропускную способность наших выставок. Таким образом, мы повышаем актуальность HANNOVER MESSE», — сказал д-р Кёклер.

### HERMES AWARD 2021 ЗАВОЕВАЛА КОМПАНИЯ BOSCH REXROTH

В 2021 на самую престижную премию в мире технологических инноваций было номинировано три компании: Bosch Rexroth, Phoenix Contact и Pilz.

Bosch Rexroth. Номинированный проект SVA R2 (Subsea-Valve\_Actuator) — это первый в мире электрический привод для управления технологической арматурой под водой. SVA R2 предлагает энергоэффективную и безопасную альтернативу гидравлическим приводам, ранее использовавшимся при морской добыче нефти и газа. Отсутствует центральный блок или километры трубопроводов для жидкости, что значительно снижает риски для окружающей среды. Устройство сохраняет те же размеры, может быть интегрировано прямо на месте, повышает энергоэффективность и требует только источника питания и линии передачи данных.

Phoenix Contact номинирован за технологию NearFi, которая обеспечивает бесконтактную передачу энергии и данных и может заменить предыдущие штекерные соединения. Благодаря независимой от протокола связи и задержек сети Ethernet он предлагает гибкие варианты приложений для всех протоколов Ethernet со скоростью до 100 Мбит/с. Передача происходит в реальном времени в обоих направлениях. Эта технология обеспечивает высокую надежность при одновременном низком износе.

PILZ. Номинированный продукт myPNOZ — это новый тип модульного предохранительного переключателя устройства, которое производится в единственном экземпляре в соответствии с требованиями заказчика.



Электрический привод SVA R2. Фото: [www.boschrexroth.com](http://www.boschrexroth.com)



Модульное защитное устройство myPNOZ. Фото: [www.pilz.com](http://www.pilz.com)

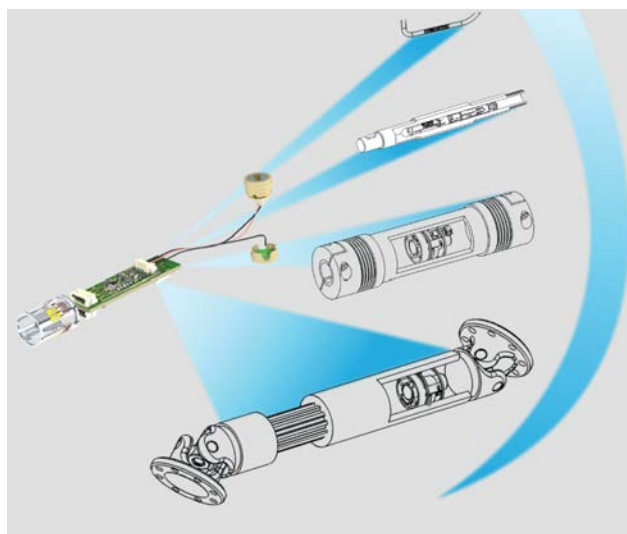


Использование устройства сопряжения NearFi.  
Фото: [www.phoenixcontact.com](http://www.phoenixcontact.com)

Используя онлайн-инструмент, пользователи могут собрать свой продукт без каких-либо знаний в области программирования, поскольку логика функций безопасности определена выбором модулей и последовательности их подключения. Продукт tuPNOZ — это готовая к установке и полностью индивидуализированная система, которая представляет собой эффективное и безопасное решение для машиностроения и других отраслей.

#### ДОРОГУ СТАРТАПАМ

Deutsche Messe ежегодно отмечает компанию моложе пяти лет, чей продукт или решение отличается особенно высоким уровнем технологических инноваций. В этом году награду HERMES Startup AWARD высокое жюри присудило компании Core Sensing за проект coreIN, представляющий собой «прочный и надежный датчик силы и крутящего момента, который записывает и передает данные напрямую по беспроводной связи от вращающегося компонента. Эта функция обеспечивает интеграцию в различные элементы и компоненты машины, а также постоянный мониторинг компонентов, что предотвращает отказы и снижает затраты на техническое обслуживание».



Датчик силы и крутящего момента coreIN.  
Фото: <https://core-sensing.de>

С 2022 года победителей конкурса стартапов будут чествовать на церемонии открытия HANNOVER MESSE.

**Зинаида Сацкая**

## Система прецизионной лазерной резки RX-150

с применением технологий  
IPG Photonics

**Высокая точность,  
толщина реза от 30 мкм**

**Широкий диапазон  
обрабатываемых  
материалов  
толщиной от 30 мкм**

**Области применения:  
микроэлектроника,  
резка керамических  
подложек, стентов,  
щель-масок и др.**

ООО «Лазерный Центр»

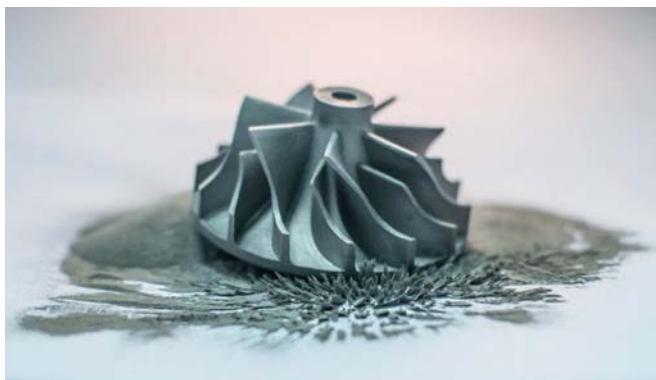
195067 г. Санкт-Петербург,  
ул. Маршала Тухачевского,  
д.22, БЦ «Сова», оф.228  
тел.: (812) 240-50-60,  
[info@newlaser.ru](mailto:info@newlaser.ru)  
[www.newlaser.ru](http://www.newlaser.ru)

## «ПОЛЕМА»: В НОГУ СО ВРЕМЕНЕМ

Ведущий мировой производитель изделий из высококочистого хрома, молибдена, вольфрама, металлических порошков и композиционных материалов АО «ПОЛЕМА» отмечает 60-летие. Круглую дату тульский завод порошковой металлургии встретил новым достижением: предприятие произвело порошки для 3D-печати, которые стали первыми российскими синтезируемыми материалами, вошедшими в ограничительные перечни как для морского, так и авиадвигателестроения.

Появившись как цех №8 Новотульского металлургического завода (сегодня ПАО «Тулачермет»), «ПОЛЕМА» выросла в крупнейшего мирового производителя, поставляющего свою продукцию как на внутренний рынок, так и в Европу, Азию, Америку и Австралию.

Получение первой партии титанового порошка 21 мая 1961 года ознаменовало рождение нового производства. Нынешнее наименование — аббревиатура, образованная от словосочетания «порошковые легированные материалы», предприятие получило в 1992 г.



Образец, напечатанный из порошка производства АО «ПОЛЕМА»

В 1960–1980-е гг. на предприятии разрабатывались и осваивались уникальные виды продукции: электролитический хром, прокат изделий из молибдена, титана, вольфрама, различных композитов. Завод рос очень динамично: уже в 1982 году в Туле был построен крупнейший в стране комплекс по производству распыленных и восстановленных порошков.

Благодаря реализации стартовавшего в 2016 году проекта «Производство металлических высоколегированных порошков для наплавки, напыления и аддитивных технологий» «ПОЛЕМА» приобрела уникальный парк оборудования, позволивший предприятию начать производство порошков с улучшенным качеством и необходимым для технологий 3D-печати гранулометрическим составом.

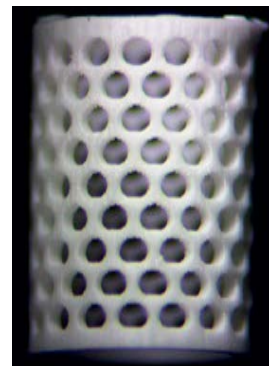
Сегодня «ПОЛЕМА» принимает активное участие во внедрении и развитии аддитивного производства в России: сотрудничает с научными институтами, производителями, дистрибьюторами оборудования для 3D-печати, входит в Технический комитет 182 по стандартизации. Продукция компании востребована более чем в 20 отраслях промышленности: в машиностроении, нефтегазовой, авиакосмической отрасли, стекольной промышленности, сельском хозяйстве, аддитивном производстве и др.

<http://www.polema.net/>

## ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ КЕРАМИКА

Ученые НИЦ «Курчатовский институт» — ИРЕА в составе исследовательской группы разработали новый состав суспензий для изготовления керамических изделий с помощью технологии трехмерной печати. Полученные материалы обладают оптимальным сочетанием механических и электропроводящих свойств, что делает их перспективными для изготовления компонентов энергетических и медицинских устройств. По словам старшего научного сотрудника НИЦ «Курчатовский институт» — ИРЕА Петра Соколова, речь идет о создании функциональной керамики, которую можно, к примеру, использовать в энергетике для изготовления топливных элементов.

В качестве основы для изготовления суспензий ученые выбрали порошок стабилизированного оксида циркония, выпускаемый отечественным производителем. Процесс формирования изделия из жидкой массы осуществлялся с помощью компактного 3D-принтера.



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

## НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЬЯ

Ученые Пермского политехнического университета с коллегами из Инженерно-технологического института Тапара (Патиала, Индия) и Инженерно-технологического колледжа Беанта (Гурдаспур, Индия) разработали уникальную технологию, которая повысит эффективность производства сложных металлических изделий для самолетов и ракет, полученных с применением литья.

— Сейчас для производства выжигаемых и выплавляемых моделей опытных деталей используют пенополистирол или воск. Однако эти материалы дороги и не обеспечивают требуемую точность при изготовлении крупногабаритных и сложнопрофильных изделий. Мы предложили создавать модели из фотополимеров с регулируемой ячеистой структурой. Этот метод обеспечит высокую точность изготовления модели, ее прочность при нанесении формы и минимальное образование пепла при выжигании. Технология повысит качество получаемой отливки, что очень важно в таких наукоемких отраслях промышленности, как машиностроение, ракетостроение и авиация, — отмечает один из авторов исследования, доцент кафедры «Инновационные технологии машиностроения» Пермского политеха, кандидат технических наук Тимур Абляз.

Фотополимерные модели деталей с регулируемой ячеистой структурой изготавливают на 3D-принтере и далее выжигают при определенных температурных условиях. Ученые выяснили, что если выжигаемая модель будет заполнена фотополимером на 85%, то это снизит максимальные напряжения в керамической оболочковой форме на уровне 6,5 МПа. Такие условия позволяют уменьшить брак при удалении материала.

Исследователи провели промышленные испытания разработки, которые показали увеличение эффективности технологического процесса литья на 34%.

<https://pstu.ru>

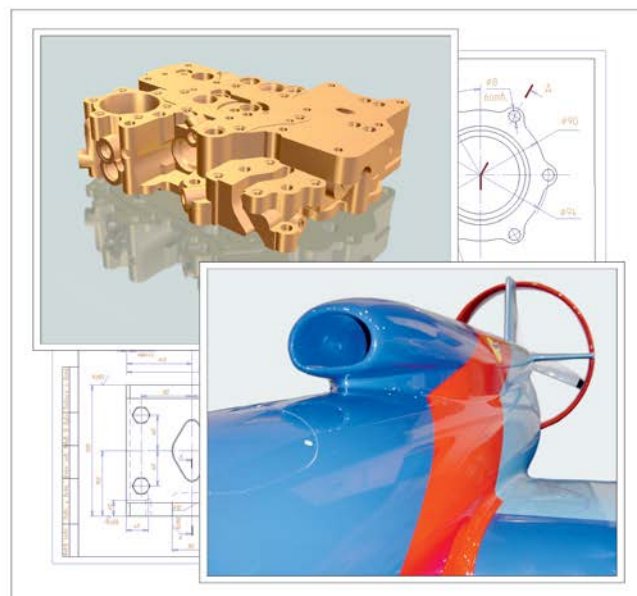
Интегрированная **CAD/CAM/CAPP/PDM-система** ADEM для автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства. Единый программный комплекс, в состав которого входят модули для объемного и плоского моделирования, выпуска конструкторской и технологической документации, проектирования техпроцессов, программирования станков с ЧПУ (токарных, фрезерных, электроэрозионных, лазерных и др.), управления архивами и проектами. Содержит также средства для реновации накопленных знаний (бумажных чертежей, перфолент), для анализа технологичности и нормирования проекта.

**группа компаний ADEM**

107497, г. Москва,  
ул. Иркутская, д. 11  
Тел.: +7 (495) 462-0156,  
+7 (495) 502-1341  
E-mail: moscow@adem.ru  
[www.adem.ru](http://www.adem.ru)

426003, г. Ижевск,  
ул. Красноармейская, д. 88  
Тел.: +7 (3412) 522-341,  
+7 (3412) 522-433  
E-mail: izhevsk@adem.ru

Приглашаем посетить наш стенд на выставке  
"Металлообработка" 24–28 мая, г. Москва, ЦВК «Экспоцентр»,  
пав. 2, стенд № 21В42



# ЛИСТОГИБОЧНЫЕ ПРЕССЫ ПРЕМИУМ-КЛАССА

Финская компания Aliko Oy Ltd — производитель листогибочных гидравлических прессов и инструмента. Новый дизайн 2020 оборудования ALIKO затронул внешний вид, внес улучшения в конструктивные элементы и применяемые комплектующие, также оптимизированы рабочие характеристики, достигнуто значительное повышение производительности и энергоэффективности прессов. Компания постоянно следит за качеством и внедряет новые высокоэффективные и востребованные продукты ALIKO, обеспечивающие значительное повышение производительности листогибочных прессов. Компания обновила модельный ряд прессов, разработаны новые ЧПУ-матрицы ALIKO разных моделей с автоматически регулируемой величиной раскрытия ручья матрицы, клиентам поставлен новый продукт — магазин листогибочного инструмента ALIKO, предназначенный для быстрой смены и хранения нескольких комплектов листогибочного инструмента.

Хочется отметить высокие эксплуатационные характеристики новой серии прессов ALIKO HEAVY DUTY. Прессы ALIKO серии HEAVY DUTY — это листогибочные гидравлические прессы с ЧПУ с усилием от 500 до 800 тонн и длиной от 3 до 10 метров в различных комплектациях. Прессы имеют прогрессивную усиленную конструкцию, обеспечивающую возможность выполнения высокоточной гибки изделий, богатую базовую комплектацию и широкие возможности для применения. Согласно опыту поставок и статистическим данным, прессы ALIKO являются одним из лучших предложений на мировом рынке по соотношению цена/качество, что также подтверждают более 98% довольных пользователей, благодаря в том числе небольшому сроку поставки, быстрому вводу в эксплуатацию, возможности адаптации рабочих параметров и использованию только высококачественных комплектующих.



Новый пресс модели ALIKO GIANT SP8000–1000\* (длина гибки 8 метров и усилие 1000 тонн), укомплектованный ЧПУ-матрицей ALIKO (регулировка ручья от 40...200 мм, шаг регулировки 10 мм, время регулировки 50 сек., выдерживаемая нагрузка до 500 т/м) и комплектом составного верхнего инструмента, позволил увеличить КПД на немаленькие 48% за счет значительного сокращения времени на переналадку, имея при этом возможность изготавливать в том числе небольшие партии деталей. Новый пресс ALIKO HEAVY DUTY модели

SP6000–500 HD, запущенный совместно с нашим партнером компанией «АМГ» ([www.companynamg.ru](http://www.companynamg.ru)) на производственной площадке российского предприятия в январе 2021 года, позволил поднять производительность в четыре раза по сравнению с уже имеющимся прессом и уменьшить количество брака практически до нуля.

ALIKO подтверждает свои позиции как одного из мировых лидеров в производстве гидравлических листогибочных прессов с большим усилием гибки, в том числе свыше 1000 тонн, постоянным расширением референт-листа реализованных проектов международных поставок оборудования.



Сильными сторонами компании являются: индивидуальный подход к клиенту, возможность адаптации любых рабочих характеристик прессов, большой выбор комплектаций и возможность дополнения различными вспомогательными устройствами и приспособлениями, разработка специального гибочного инструмента в соответствии с производственными потребностями, проектирование и производство инструмента для листогибочных прессов любых марок и производителей, восстановление и модернизация листогибочных прессов.

Отличное финское качество, оптимальное соотношение цена/качество, гибкий подход к клиенту, расширенная гарантия и неограниченный срок эксплуатации позволяют с уверенностью утверждать, что оборудование ALIKO — это оборудование премиум-класса!

Если у вас есть вопросы, мы всегда готовы на них ответить! Ждем встречи на выставке «Металлообработка–2021», павильон 3 / стенд 3D20.

- \* Серия ALIKO F-SERIES — листогибочные гидравлические прессы с ЧПУ усилием 220, 320, 400 тонн;
- Серия ALIKO HEAVY DUTY — листогибочные прессы усилием 500...800 тонн;
- Серии ALIKO GIANT — листогибочные гидравлические прессы с ЧПУ усилием 1000...4000 тонн.



**Aliko Oy Ltd, Финляндия**  
 эл.почта: [info@aliko.fi](mailto:info@aliko.fi)  
[iilya.ulanen@aliko.fi](mailto:iilya.ulanen@aliko.fi)  
 тел. +358 44 335 86 36  
 сайт: [www.aliko.fi/ru](http://www.aliko.fi/ru)





## КОМПАНИЯ «АМГ». СТАНКИ. ТЕХНОЛОГИИ. СЕРВИС.

Компания «АМГ» — это российская компания, которая имеет многолетний опыт в поставке современного и качественного металлообрабатывающего оборудования на предприятия наших заказчиков. Тесные партнерские отношения с ведущими мировыми производителями оборудования позволяют компании предложить широкий спектр оборудования и оснащения к нему.

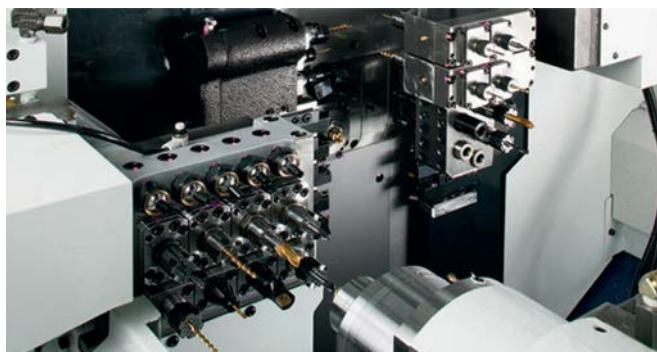
Компания «АМГ» является официальным дилером на территории РФ японской компании TSUGAMI, которая была основана в 1937 году. Сегодня TSUGAMI предлагает широкую линейку прецизионных токарных автоматов с ЧПУ, которые получили признание во всем мире. TSUGAMI — это точность, скорость и прочность!

На выставке «Металлообработка–2021», которая пройдет с 24 по 28 мая 2021 года в «Экспоцентре» в Москве, компания «АМГ» продемонстрирует автомат продольного точения S206 (TSUGAMI, Япония).



### ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТАНКА

- Обработка сложных деталей в главном и противопинделе одновременно токарным и приводным инструментом.
- Приводные блоки модульного типа для главного и противопинделя обеспечивают применение широкого ассортимента приводного инструмента, радиального, осевого, с изменяемым углом, для вихревого фрезерования и резьбофрезерования.
- Операция глубокого сверления диаметром до 8 мм, глубиной до 100 мм.
- Прецизионный узел вращающейся люнетной втулки с встроеным серводвигателем.



- Масляное охлаждение главного, противопинделя и узла люнетной втулки.
- Узел для работы без люнетной втулки.
- Система автоматического создания управляющей программы для персонального компьютера TSUGAMI ABILE в стандартной комплектации. Интегрированная в систему TSUGAMI ABILE 3D-модель рабочей зоны станка со всеми доступными инструментальными блоками. Автоматическое создание технологической карты.
- Трехмерное отображение созданной управляющей программы в TSUGAMI ABILE с отображением суппортов станка.

Вы сможете обсудить с нашими специалистами следующие вопросы:

- Поставка всех типов металлообрабатывающего оборудования.
- Анализ технических заданий и комплекс решений при подборе оборудования.
- Техническое обслуживание, ремонт, проведение пусконаладочных работ оборудования с ЧПУ и ручным управлением любых мировых производителей.
- Комплексная диагностика работоспособности оборудования, подготовка комплексного отчета и рекомендаций по приведению его в соответствии с нормами точности (ГОСТ, ISO).
- Проведение инструктажа по эксплуатации, программированию и обслуживанию оборудования.
- Разработка технологических процессов и программ для обработки деталей на станках с ЧПУ и постпроцессоров.

**Ждем вас на нашем стенде 3D20 в павильоне 3.**

### СЕРВИСНАЯ КОМАНДА

Сильнейшей стороной успешной работы компании «АМГ» является сервисная команда инженеров: 30 человек — настоящие профессионалы своего дела. Высокая квалификация, регулярное дополнительное обучение, большой опыт, наличие современного диагностического оборудования — все это позволяет проводить диагностику металлообрабатывающих станков, выявлять неисправности и причины их возникновения. Сервис-инженерами нашей компании проведен большой объем работ по диагностике, ремонту и модернизации станков, в результате чего оборудование успешно эксплуатируется на предприятиях в течение долгих лет.

Сервисная служба проводит ежегодное техническое обслуживание более 800 единиц станков на производственных площадках заказчиков. Оборудование, которое используется для обслуживания станков: системы Renishaw, виброанализатор Baltech, проверка гидравлики Parker, высокоточный индикатор TESA и пр.

**Компания «АМГ» — ваш надежный партнер в сфере металлообработки!**

Центральный офис  
Адрес: 111141, г. Москва,  
ул. Кусковская, дом 20А, корпус А, офис А-602  
Тел.: +7 (499) 550-02-52  
info@companyamg.ru, www.companyamg.ru

# РЕВОЛЮЦИОННАЯ КОМПАКТНАЯ СИСТЕМА РУЧНОЙ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ

## LightWELD 1500



Мощность лазера  
до **1500 Вт**

Пиковая мощность  
до **2500 Вт**

Охлаждение  
**Воздушное**

Ширина шва в режиме Wobble  
до **5 мм**

Размеры  
**641 x 316 x 534 мм**

Вес  
**53 кг**



**АЛЬТЕРНАТИВА ДЛЯ MIG- И TIG-СВАРКИ  
УНИВЕРСАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО СЕКТОРА**

	Традиционные технологии сварки	Технология LightWELD
Скорость	Средняя	До 4-х раз быстрее, чем TIG
Качество	Зависит от опыта сварщика	Стабильные высококачественные результаты
Освоение	В несколько этапов	Стабильно высокие результаты
Гибкость в выборе материала	Ограниченная, требует переналадки	Широкий диапазон материалов без переналадки
Коробление и деформации	Высокие значения	Незначительные
Зона термического влияния	Большая	Малая
Сварка с осцилляцией (качанием) луча	Недоступна	Доступна — расширение шва до 5 мм

# НЕПРЕВЗОЙДЁННАЯ НАДЁЖНОСТЬ И ПРОСТОТА ЭКСПЛУАТАЦИИ НОВЕЙШЕЕ РЕШЕНИЕ

Light**WELD** — это максимальные сварочные возможности при минимальном браке

## Угловое соединение

Нержавеющая сталь 9 мм и 1 мм



## Стыковое соединение

Низкоуглеродистая сталь 10 мм

## Стыковое соединение

Нержавеющая сталь 1 мм  
Медь 1 мм



## Соединение внахлест

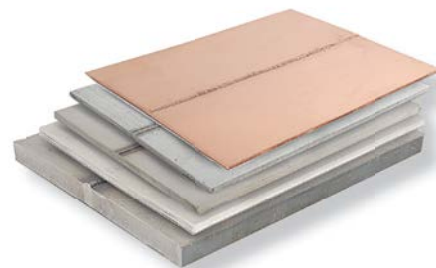
Низкоуглеродистая сталь  
1 мм и 2 мм

## ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ МАТЕРИАЛОВ И ТОЛЩИН



### Свариваемые материалы

Металл	Толщина (односторонняя сварка)	Толщина (двухсторонняя сварка)
Нерж. стали	До 4 мм	До 10 мм
Оцинкованная сталь	До 4 мм	До 10 мм
Низкоуглерод. стали	До 4 мм	До 10 мм
Алюминиевые сплавы	До 4 мм	До 10 мм
Медь	До 1 мм	До 2 мм



Возможна сварка толстых, тонких, разнородных высокоотражающих металлов без использования присадочной проволоки, что трудно или невозможно осуществить традиционными методами сварки.

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

+7 (495) 968 99 32; [lightweld.online@ntoire-polus.ru](mailto:lightweld.online@ntoire-polus.ru)

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



# ДЛЯ КОГО ПРИНИМАЮТСЯ ПОСТАНОВЛЕНИЯ ПРАВИТЕЛЬСТВА?

В преддверии выставки «Металлообработка» журнал «РИТМ машиностроения» провел опрос ведущих игроков отечественной инструментальной отрасли.

Президент ассоциации «Станкоинструмент» Георгий Самодуров на мартовском собрании сообщил о снижении объема выпуска инструментальной продукции. Производство в 2020 году составило 19,7 млрд руб против 20,5 млрд в 2019 году. Георгий Самодуров назвал также топ-10 российских предприятий инструментального комплекса по производству товаров и услуг в 2020 г. (млн руб.): Кировградский завод твердых сплавов — 3261, «ВИРИАЛ» — 1947, «ПОБЕДИТ» — 1182, Инструментальный дивизион «Концерн Калашников» — 734, «СКИФ-М» — 708, Камышинский завод слесарно-монтажного инструмента — 622, «ЗАРЕМ» — 451, Свердловский инструментальный завод — 379, Томский инструментальный завод — 284, Новосибирский инструментальный завод — 272. Только 17 инструментальных предприятий из 32, входящих в ассоциацию, показали прирост объема выпуска продукции.

Минувший год был тяжелым для станкоинструментальной отрасли практически во всех странах, кроме Китая. Начавшийся глобальный кризис усугубила пандемия. Для России ситуация была еще более тяжелой из-за санкций: индекс промышленного производства сократился на 2,9%; инвестиции в основной капитал сократились на 6,6%; инфляция выросла на 4,9%.

Инструментальный рынок завоевывается зарубежными поставщиками. И это несмотря на то, что многие предприятия за последние 5 лет переоснастили свои производства, вложив в это в общей сложности 717 млн руб. Как видят ситуацию российские производители инструмента? **Вот какие вопросы мы задали инструментальщикам.**

1. Касается ли это вашей компании?
2. В чем вы видите причины сдачи позиций на своем рынке инструментальной отрасли?
3. Видите ли вы возможность изменить ситуацию? Если да, то кто и какие меры должен предпринять?



**Александр Москвитин,**  
президент и генеральный  
директор ООО «СКИФ-М»

1. Несмотря на значительную модернизацию нашего производства, освоение широкой номенклатуры новых пластин и технологических переделов, мы, так же, как и большинство инструментальщиков

России, в 2020 году снизили свои продажи. Причем падение продаж у нас едва ли не самое большое. Более 70% наших заказчиков относятся к авиакосмическому сектору промышленности. Именно этот сектор пострадал больше всего от COVID-19, особенно западные производители самолетов. К сожалению, нам пока не удалось реализовать возможность трехкратного увеличения объемов производства высококачественного твердосплавного инструмента, потенциал которого был создан в последнее время.

2. Нам не удалось компенсировать свои потери на авиакосмическом рынке ростом продаж в других отраслях, так как большинство западных производителей режущего инструмента в 2020 году увеличили продажи в России. Не сработали в нашу защиту и принятые в последнее время чрезвычайно важные постановления правительства РФ № 616 от 30.04.2020 г. и № 2013 от 03.12.2020 г. Например, на заводах большинства государственных корпораций соответствующих регламентирующих документов пока не создано.

3. Какие меры нужно предпринять? Такие, какие, как, например, начинает предпринимать ОАК — строгое и последовательное выполнение соответствующих постановлений правительства России.



**Юрий Лопатин,**  
заместитель директора по  
производству и сбыту АО  
«Кировградский завод твердых  
сплавов»

1. Конечно, касается.

2. Мы свои позиции не сдаем. Делаем все, чтобы оставаться востребованными: приобретаем современное оборудование, занимаемся

наукой, разрабатываем новые марки твердых сплавов и новый инструмент для металлообработки: режущие твердосплавные пластины, сборный фрезерный и токарный инструмент, монолитные твердосплавные фрезы, сверла и развертки.

3. У государства есть механизмы тарифно-таможенного регулирования. Однако наш рынок остается открытым для импортного режущего инструмента, никаких ввозных пошлин не вводится, несмотря на наши многочисленные обращения в соответствующие министерства и ведомства. Также из России легко, без ограничений вывозится ценное для твердосплавщиков сырье — вольфрамсодержащий лом и отходы, переработкой которых наше предприятие занимается. Имеется несколько постановлений правительства РФ о поддержке российских производителей инструмента, однако их реализация не носит мобилизационного характера. А надо бы. Ждем от Минпромторга РФ план мероприятий по реализации «Стратегии развития станкоинструментальной отрасли до 2035 года», который оно должен представить в правительство РФ до июля.



**Роман Шалимов,**  
генеральный директор  
ООО «Специнструмент»

1. Увеличение объемов закупок металлорежущего инструмента зарубежных компаний касается всех российских производителей, в том числе и нашего предприятия.

2. Как правило, это комплекс вопросов, связанных с инженерно-техническим, логистическим, а также финансовым преимуществом зарубежных компаний по сравнению с российскими производителями.

3. По нашему мнению, существенно повлиять на текущую ситуацию сможет реализация и выполнение всеми участниками инструментального рынка критериев **постановлений правительства РФ:**

**№ 616 от 30.04.2020** «Об установлении запрета на допуск промышленных товаров, происходящих из иностранных государств, для целей осуществления закупок для государственных и муниципальных нужд, а также промышленных товаров, происходящих из иностранных государств, работ (услуг), выполняемых (оказываемых) иностранными лицами, для целей осуществления закупок для нужд обороны страны и безопасности государства».

**№ 2013 от 03.12.2020** «О минимальной доле закупок товаров российского происхождения».

**№ 1289 от 26.08.2020** «Об авансировании договоров (государственных контрактов) о поставке промышленных товаров для государственных и муниципальных нужд, а также для нужд обороны страны и безопасности государства».

**№ 1206 от 10.08.2020** «Об утверждении правил предоставления субсидий из федерального бюджета производителям станкоинструментальной продукции в целях предоставления покупателям скидки при приобретении такой продукции».



**Леонид Иванов,**  
директор ООО «Томский  
инструментальный завод»

1. Безусловно. Несмотря на активное техническое перевооружение, с 2018 года на нашем предприятии наблюдается снижение поставок продукции конечному потребителю.

2. Это обусловлено, в первую очередь, снижением объемов закупок металлорежущего инструмента ведущими предприятиями оборонно-промышленного комплекса страны. Производственные цеха ведущих авиазаводов потребляли огромное количество металлорежущего инструмента. В связи с уменьшением заказов от государства неизбежно происходит уменьшение емкости рынка металлорежущего инструмента.

3. Конечно, нужно строго регулировать поставки зарубежных производителей на крупнейшие российские оборонные предприятия. В тех позициях инструмента, где есть отечественная альтернатива, разумеется. Для этого нужно максимально упростить процесс получения статуса «Российский производитель» для тех, кто реаль-

но производит инструмент на территории РФ, чтобы в дальнейшем давать необходимые преференции для отечественных компаний. Потому что на сегодняшний день эта процедура максимально бюрократизирована и затянута по времени.



**Андрей Царегородцев,**  
генеральный директор  
АО «МИЗ»

1. Согласен с оценкой текущей ситуации на отечественном рынке металлообрабатывающего инструмента. Действительно, в данной отрасли наблюдается жесткая конкуренция со стороны зарубежных поставщиков. Причем, по нашей

оценке, по отдельным видам инструмента уровень давления со стороны импорта только растёт. Это напрямую сказывается на деятельности нашего предприятия, возникает риск потери доли рынка в отношении некоторых видов продукции. Однако с другой стороны, в связи с изменением курса рубля, повысилась привлекательность других видов нашего инструмента. То есть, в соотношении цена/качество мы можем успешно конкурировать в отдельных сегментах этого рынка. Тем не менее, общая ситуация выглядит удручающей. Учитывая, что металлообрабатывающий инструмент является высокотехнологичной продукцией с применением специального оборудования, то возникает определенная уязвимость в плане возможностей диверсификации производства без серьёзных капитальных вложений в переоборудование. Таким образом, мы все вынуждены активно «толкаться локтями» за долю рынка с тем, что имеем.

2. Из основных причин я бы выделил следующие:

- Отсутствие реальной поддержки и отстаивания интересов отечественного производителя со стороны государства.
- Технологическое отставание российских производителей от зарубежных.
- Непрозрачная система тендерных закупок инструмента.

3. Ситуацию надо менять обязательно, иначе мы рискуем потерять то, что имеем.

Предлагаемые меры по изменению ситуации уже были озвучены не раз, тем не менее повторюсь.

• Протекционистская политика государства, заключающаяся в ограничении импорта и защите отечественного производителя. Введение такой политики в отношении импорта отдельных видов инструментальной продукции позволило бы загрузить на полную мощность российских производителей и дало бы толчок к дальнейшему развитию как производственной базы, так и технологического уровня производства.

- Налоговые льготы для отечественного производителя.
- Дешёвые кредиты на развитие производства и другие меры поддержки отечественного производителя в виде субсидий на покупку оборудования, НИОКР и т.д.

• Развитие научно-технологического потенциала на базе государственных институтов и при активном взаимодействии с отечественными производителями, для разработки и внедрения новых технологий в реальные сектора экономики.

**Вопросы задавала Зинаида Сацкая**

## WIDIA РАСШИРЯЕТ АССОРТИМЕНТ СВЁРЛ СО СМЕННЫМИ ГОЛОВКАМИ TOP DRILL MODULAR X™ (TDMX)

В апреле WIDIA™ выпустила в продажу новую геометрию — MS — для популярного сверла со сменными головками TOP DRILL™ Modular X (TDMX). Теперь предложение для этого сверла включает 3 исполнения головок, которые позволяют высокопроизводительно обрабатывать стали, чугуны, нержавеющие стали и жаропрочные сплавы не только в стабильных условиях, но и при врезании и выходе в наклонную поверхность, сверлении через пересекающиеся отверстия, а также при обработке пакетов материалов.



Режущая головка с геометрией MS для сверла Top Drill Modular X

«Выпуск в продажу новой геометрии MS даёт возможность предприятиям получить по-настоящему универсальный инструмент — под различные материалы и условия резания, — говорит Ашоккумар Д., продукт-менеджер WIDIA по инструменту для обработки отверстий. — Эта геометрия разработана для сверления различных типов коррозионностойких сталей, а также труднообрабатываемых материалов на никелевой, кобальтовой или титановой основе. Она является идеальным выбором для тех предприятий, где нужна повышенная стабильность на операциях сверления деталей общего и энергетического машиностроения».

На одном из недавних испытаний на предприятии был получен отлич-

ный результат — увеличение стойкости на 60% — при обработке материала Hyper Chrome 13–8 сверлом TDMX с геометрией MS при скорости резания 75 м/мин на глубину 3 диаметра.

Гнездо под режущую головку выполнено в форме латинской буквы X в поперечном сечении и сужается по конусу в продольном. Это значительно повышает жёсткость крепления головки в корпусе, что особенно важно на трудных ответственных видах сверления.

Такая инновационная конструкция приводит к сокращению вероятности нестабильной обработки, которая довольно часто встречается при применении обычных модульных свёрл на рынке, и делает возможным работать на повышенных подачах, снижая время на обработку отверстия и стоимость обработки в целом. Закрепление же головки винтом сбоку делает возможным её замену в сверле на новую без снятия инструментальной сборки со станка.

Все 3 геометрии режущих головок сверла TDMX: PK, FPE и MS — могут быть переточены в специализированных центрах, что увеличивает ещё больше их долговечность.

Корпуса свёрл доступны как в метрическом, так и в дюймовом исполнении, с длиной режущей части от 1,5 диаметров до 12×D, в то же время диапазон диаметров режущих головок начинается с 16 мм, заканчивается 40 мм.

Приобрести новые головки с геометрией MS и корпуса TDMX, а также любое решение из инструментального предложения WIDIA можно у авторизованных дистрибьюторов в вашем регионе.

Более 90 лет бренд WIDIA™ предоставляет высококачественные режущие инструменты для фрезерования, точения, обработки отверстий, нарезания резьбы метчиком, а также инструментальную оснастку металлообрабатывающим предприятиям по всему миру. Компания предоставляет заказчикам поддержку при выборе решений как до, так и после их поставки, обеспечивая наличие продукции на складах, цифровые решения и доступную сеть официальных дистрибьюторов. Больше узнать о бренде и продукции WIDIA можно на сайте [www.widia.com](http://www.widia.com) или из новостей компании в Instagram, Facebook, LinkedIn и YouTube по тегу @WIDIAProductGrp.

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



Сверло TDMX обладает инновационной конструкцией крепления режущей головки, а также фланцевым типом хвостовика для обеспечения максимальной надёжности и гибкости в применении.



**WIDIA** 

**ВСЕГДА  
ГОТОВ К  
РАБОТЕ**



Инструменты в программе WIDIA™ All-Star находятся на складе и готовы к быстрой отправке на предприятия, обеспечивая универсальность и надёжность в работе на станках. Посетите сайт [widia.com/all-star](http://widia.com/all-star), чтобы узнать подробности.

 **ALL-STAR**

# KENNAMETAL ПРЕДСТАВЛЯЕТ ТВЕРДОСПЛАВНОЕ СВЕРЛО НРХ

Компания Kennametal представляет новое твердосплавное сверло НРХ для высокопроизводительной обработки деталей из стали, расширяющее линейку сверл данного типа. Сверло НРХ предназначено для быстрого и эффективного выполнения отверстий глубиной до 8xD в любом изделии из стали ISO-P. Его отличает в два раза большая стойкость и в три раза более высокая производительность по сравнению с аналогами конкурентов даже при работе без СОЖ или при ее минимальном количестве (MQL).

## ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Почему сверло НРХ идеально подходит для обработки стали? Все дело в его конструкции. Детали из стали широко используются в автомобильной отрасли и машиностроении, на производствах, где максимальная стойкость и производительность обработки имеют решающее значение. Операции сверления, как правило, характеризуются высокими усилиями резания, приводящими к быстрому износу осевого инструмента и выкрашиванию на наиболее уязвимых его участках. Компании Kennametal удалось устранить эти проблемы за счет формирования на сверле НРХ прямолинейных режущих кромок и небольших фасок на уголках. А ленточки по всей длине режущих кромок способствуют повышению стой-

кости инструмента и значительному снижению трения.

Образование нароста на кромках также является распространенной проблемой при сверлении легированных сталей. Противостоять данному виду износа призвана прямолинейная режущая кромка сверла НРХ, а также оптимизированная подготовка кромок. Хорошо отполированные стружечные канавки снижают трение, приводящее к образованию нароста. Сверло изготовлено из твердого сплава, специально разработанного для обработки стали, КСР15В, и имеет запатентованное многослойное покрытие АITiN. Все это позволяет сверлу НРХ устанавливать новые стандарты стойкости при массовом производстве деталей из стали ISO-P.



«Сверло НРХ рассчитано на очень высокие режимы резания, — говорит менеджер по продукту Франк Мартин. — Увеличивается стойкость инструмента, сверление сопровождается меньшими усилиями, а качество отверстий повышается. Что еще можно требовать от сверла?»

## НИЗКИЕ СИЛЫ РЕЗАНИЯ, ПРИ ЭТОМ БОЛЕЕ ВЫСОКАЯ НАДЕЖНОСТЬ

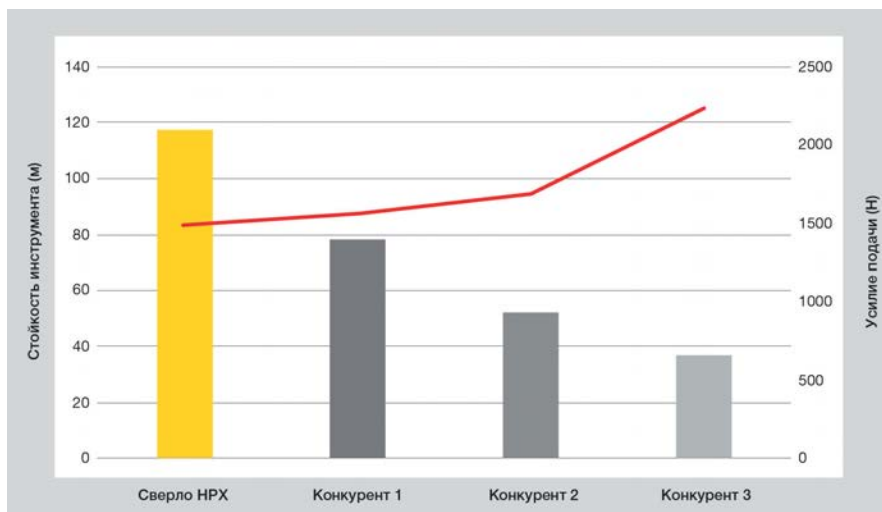
Специальные канавки сверла НРХ гарантируют оптимальное стружкодробление. Специализированная под обработку стали вершина сверла НРХ создает гораздо меньшие усилия при резании, что делает инструмент идеальным решением для работы на станках невысокой мощности, сверления в нестабильных условиях или при недостаточной жесткости закрепления заготовки.

Постоянный размер поперечного сечения значительно снижает риск поломки сверла НРХ, а сверхпрочные полированные стружечные канавки обеспечивают превосходный стружкоотвод.

Последнее особенно важно для автопроизводителей, желающих отказаться от насосов высокого давления, подающих СОЖ, и перейти к обработке с минимальным использованием СОЖ (MQL) или вообще на сухую обработку. В таких условиях требуется эффективная эвакуация стружки, а также низкое трение при резании, и сверло НРХ стабильно демонстрирует оба эти показателя. Сверло обеспечивает возможность работы с MQL в соответствии со стандартами DIN 6535 и 69090-03 — больше никаких спецзаказов или самостоятельных доработок.

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

Уникальная конструкция вершины сверла НРХ в сочетании с преимуществами специализированного твердого сплава с многослойным покрытием добавляют уверенности при сверлении заготовок из стали.



Сверло НРХ отличается повышенной стойкостью при обработке стали по сравнению с аналогами даже при значительно более высоких режимах резания.





# АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ В СВОЕЙ СУТИ

## HARVI™ ULTRA 8X

Ti6Al-4V – это конструкционная обработка аэрокосмических компонентов с постоянным сроком службы инструмента один час или более. Инновационная технология винтового фрезерования с 8 режущими кромками на пластину, позволяющая удалять 20 кубических дюймов материала в минуту. HARVI™ Ultra 8X – инструмент, аэрокосмический в своей сути.

# ПЕРВАЯ ДОМАШНЯЯ ВЫСТАВКА «DMG MORI РОССИЯ» В МОСКВЕ



Прошедший год принес всем много изменений как в работе, так и в повседневной жизни, придав живому общению еще больше ценности. Именно поэтому с 24 по 28 мая «DMG MORI Россия» открывает двери своего технологического центра в Москве и ждет всех в гости на домашнюю выставку.

Вниманию гостей выставки будут представлены **17 высокотехнологичных станков DMG MORI**, более 20 решений, основанных на интеграции с партнерами DMG MORI, специальные **программы финансирования** и использования станков для повышения эффективности вашего производства, **сервис и запасные части**, а также: решения по **автоматизации** производства, программы по **модернизации и аренде станков**, наглядная демонстрация технологии **аддитивного производства** методом селективного лазерного плавления и наплавки через коаксиальное сопло.

## РОССИЙСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Ульяновский станкостроительный завод в прошлом году отметил пятилетие со дня своего открытия. Выстроенный с нуля и ориентированный на самообеспечение завод продолжает уверенно развиваться на российском рынке. В структуре завода имеются большой сборочный цех, занимающий площадь 3 300 м<sup>2</sup>, цех мехобработки (1 650 м<sup>2</sup>), все необходимые отделы контроля качества, покрасочный участок, конструкторское и технологическое бюро, аппарат управления. Также завод продельвает очень большую логистическую работу, получая и распределяя детали от российских и иностранных поставщиков, поэтому на территории УСЗ функционирует склад комплектующих для станков. На складе есть все необходимые для сборки компоненты. Также оборудование, приобретенное у нас, гарантированно может быть восстановлено в случае необходимости — это тоже наличие складских мощностей. Так что собственный склад дает компании самые большие преимущества на рынке, в том числе и в области сервисных услуг.



Кроме того, на заводе запущена механическая обработка деталей и изделий на заказ. Специфика DMG MORI — это высокоточная крупногабаритная обработка. Для нее нужны большие машины, приобрести которые может далеко не каждое предприятие. Поэтому эта услуга пользуется большим спросом.

Еще один тренд, который касается как станкостроителей, так и предприятий-заказчиков, — это происходящий во всем мире переход от капитальных затрат к операционным. Теперь нет необходимости покупать собственные станки для выпуска данной партии продукции. Можно воспользоваться арендой оборудования. DMG MORI называет такую схему работы «станкошеринг». Взять станки в аренду партнеры могут на площадках MDG MORI

в Москве и в Ульяновске. Такой сервис был запущен уже год назад. Это очень удобно: компании эксплуатируют оборудование ровно столько, сколько им это необходимо. Нет также необходимости резко расширять свой штат. Для подобных проектов возможность быстро масштабировать производство без капитальных затрат — конкурентное преимущество.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ

Разработка и внедрение решений по автоматизации — от технического консультирования и бюджетирования до реализации

Станки, оснащенные автоматизацией, являются обязательными составляющими современного завода, а значит, без них невозможно представить интеллектуальное сетевое производство. Компания DMG MORI продолжает считать цифровизацию стратегическим направлением, имеющим большое будущее. Диапазон предлагаемых услуг достаточно широк: от технических консультаций и расчета затрат до возможных модификаций используемых станков, включая установку и ввод в эксплуатацию. Эксперты DMG MORI предлагают и другие решения по оптимизации производства, оснащение инструментом и обучение роботов, так что заказчики получают комплексное решение по автоматизации от одного поставщика. Свой опыт в области систем автоматизации компания DMG MORI продемонстрирует на выставке на примерах токарно-фрезерного центра CTX beta 800 TC с гибкой в эксплуатации системой Robo2Go и 5-осевого фрезерного станка DMU 50 2-го поколения с системой смены палет PH150.

Манипулятор палет PH 150 разработан для подачи и накопления заготовок размером до 500×500×350 мм. Зажимная система с нулевой точкой обеспечивает высокую точность повторного зажима. Робот второго поколения Robo2Go с модулем загрузки и датчиком безопасности



разработан специально для гибкого использования с токарными центрами и благодаря своей открытой конструкции обеспечивает эргономичный доступ к станку.

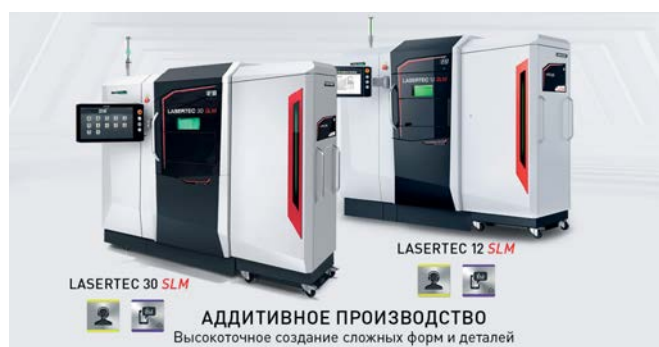
DMG MORI также представит вниманию посетителей универсальный токарный станок CTX 310 ecoline, интегрированный с автоматизированной платформой с коллаборативным роботом, и линейку беспилотных роботов для демонстрации решений по внутрицеховой логистике.

Кроме того, посетители выставки смогут ознакомиться с другими решениями, основанными на интеграции станков DMG MORI с коллаборативными роботами для мелкосерийной и серийной продукции. Будут обсуждаться такие вопросы, как снижение себестоимости продукции и увеличения производительности, прибыли предприятия гибкими, доступными решениями по роботизации.

## АДДИТИВНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Четыре полные технологические цепочки для аддитивного производства с использованием сопла подачи порошка и порошковой камеры

Уже более пяти лет компания DMG MORI успешно представляет на рынке технологию сочетания сварки лазерной наплавкой и резания металла на станках серии LASERTEC 3D hybrid. В дополнение к разработкам в области цифровых технологий для традиционного производства компания DMG MORI также стала производителем полной линейки оборудования для аддитивного производства. В то время как LASERTEC 65 3D предназначен исключительно для сварки лазерной наплавкой в качестве дополнения к имеющимся обрабатывающим центрам в цехе, серия LASERTEC SLM расширяет линейку продукции, включив в себя технологию селективной лазерной плавки в порошковой камере. Две последние серии также можно комбинировать с отдельными обрабатывающими центрами и токарными станками из линейки DMG MORI, чтобы создавать новые технологические цепочки.



Специально для применения в селективной лазерной плавке компания DMG MORI предлагает программное обеспечение OPTOMET. Оно имеет алгоритмы самонастройки и обучения, которые рассчитывают необходимые параметры селективной лазерной плавки заранее в течение нескольких минут. Это означает, что толщину слоя, например, можно рассчитать свободно, что, в свою очередь, обеспечивает более быструю и, следовательно, более производительную постройку. OPTOMET также имеет базу данных материалов, которая позволяет операторам использовать материалы всех производителей без необходимости их предварительного тестирования. Открытая система также позволяет самостоятельно расширять базу данных на основе собственных экспериментов заказчика. OPTOMET может регулировать параметры таким образом,

что свойства материала, такие как твердость, пористость и эластичность, могут быть изменены или оптимизированы.

## ИНТЕГРАЦИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ: от DMG MORI Connectivity и обновления CELOS до комплексной оптимизации сервиса

Немногие компании имеют такой же успешный опыт расширения и совершенствования традиционного бизнеса по продаже станков и услуг с помощью цифровых технологий на протяжении столь долгого времени, как DMG MORI. В этом смысле система управления и контроля CELOS на основе приложений стала для отрасли без преувеличения новаторской. Сегодня только интерфейс CELOS используется в системах управления более чем 20 000 станков DMG MORI по всему миру. Успех компании наглядно подтверждает система DMG MORI PLANNING & CONTROL для планирования и управления. Помимо этого следует отметить, что система DMG MORI Connectivity обеспечивает безопасное объединение в сеть станков DMG MORI и выбранных продуктов сторонних производителей. Более того, клиенты CELOS теперь могут выполнять независимое от PLC обновление CELOS до своей текущей версии. Это относится ко всем существующим интерфейсам CELOS за последние шесть лет. А в новом DMG MORI MESSENGER используются настраиваемые информационные панели для быстрого отображения фактического состояния станков. Теперь его также можно использовать для всех станков и устройств, подключенных к сети с помощью DMG MORI Connectivity.

## СЕРВИСНАЯ ПОДДЕРЖКА В РОССИИ

Большое внимание в «DMG MORI Россия» уделяется сервисной поддержке. Широкая сервисная сеть, гарантирующая минимальное время реагирования, является важнейшим звеном в построении эффективного производства. Кроме того, локальный склад запасных частей, расположенный в Ульяновске, гарантирует быструю и выгодную доставку запчастей для станков локального производства напрямую заказчикам на территории РФ по фиксированным ценам в рублях. Специалисты завода проводят регулярную коррекцию номенклатуры склада с учетом потребностей заказчиков.

Кроме того, внедрение цифровизации в производственные процессы распространяется и на сервисное обслуживание DMG MORI. Новым эталоном для сервисов удаленного обслуживания в станкостроении стал NETservice. NETservice специально разработан для удовлетворения высоких требований клиентов — особенно когда речь заходит о максимальной защите данных. Другим преимуществом является функция мультитача, при помощи которой операторы, специалисты по обслуживанию и другой персонал отвечает в рамках прямой связи и помогает найти решение проблем по ремонту и обслуживанию. Доступная как опция, SERVICEsameга является дополнительным преимуществом, поскольку предварительно настроенная камера идеально работает с NETservice в режиме Plug & Play. Она отправляет изображение в режиме реального времени для поддержки в процессе эксплуатации и обслуживания станка.

NETservice не только оптимизирует процесс сервисной поддержки с использованием живой трансляции со станка, но и позволяет организовать онлайн-обучение с визуализацией для получения наилучших результатов.

**Регистрация на домашнюю выставку DMG MORI:**  
<https://ru.dmgmori.com/news-and-media/events/oh-moscow>

## ТОКАРНЫЕ СТАНКИ АТОМАТ S.p.A



**АТОМАТ S.p.A. работает в сталепрокатной отрасли более пятидесяти лет, производя ролики и валки для прокатных станков, а также станки с компьютерным ЧПУ для их обработки.**

**Говорит с нами об этом г-н Мартеккини, генеральный директор АТОМАТ S.p.A.**

Компания АТОМАТ S.p.A. является типичным примером предпринимательства, воплощающего в себе все те особенности, которые являются гордостью и флагом итальянской промышленности в мире.

Прежде всего, превосходство ноу-хау: непрерывное и постоянное внимание к инновациям в процессах и продуктах привело к тому, что компания приняла и коммерциализовала во всем мире передовую технологию производства, которая предоставляет заказчикам лучшие конструкторские решения для их потребностей, эффективность и точность вместе с отличным сервисом.

**Г-н Мартеккини, прежде всего дайте нам представление о компании: область деятельности, географическое положение, тип работы, персонал.**

Компания АТОМАТ S.p.A. была основана в 1968 году в Реманзакко, в провинции Удине, где до сих пор находится штаб-квартира и где работает высококвалифицированная команда примерно из 140 человек.

Завод АТОМАТ в Реманзассо включает в себя несколько цехов, специализирующихся на производстве прокатных валков и роликов, станков с компьютерным ЧПУ для их обработки и инструмента для этих станков.

АТОМАТ S.p.A. разрабатывает и производит валки и ролики из стали и карбида вольфрама для широкого спектра применений, обладая полным ноу-хау и очень высокими стандартами качества. Современные технологии, полный контроль над карбидным сырьем благодаря собственному

оборудованию для спекания и прессования и тесное сотрудничество с крупными европейскими поставщиками стали, а также гибкость и упорный труд позволили АТОМАТ S.p.A. быть признанной одной из самых передовых компаний в мире по производству прокатного инструмента.

Благодаря многолетнему опыту в станкостроении АТОМАТ S.p.A. имеет все ноу-хау также в разработке и производстве специальных станков с ЧПУ с соответствующим программным обеспечением.

Компания также может похвастаться поддержкой независимых компаний, входящих в группу, расположенных в Европе и Южной Америке, предлагая индивидуальные решения, основанные на особенностях и конкретных потребностях эталонных рынков.

**Каковы области применения ваших станков и на какие страны вы больше всего ориентируетесь?**

Сферы применения очень разнообразны, однако я хотел бы особо подчеркнуть универсальность наших станков с ЧПУ. Более двадцати лет компания АТОМАТ является ориентиром и абсолютным лидером в производстве станков для ремонтных мастерских сортовых прокатных станков: около трети строительной стали в мире (за исключением Китая и Японии) производится на валках, обрабатываемых на наших станках.

В 2018 году завершилось приобретение и интеграция в группу АТОМАТ компании Giana S.p.A., известного производителя токарных станков из Магнаго (Милан).

Этим мы расширили диапазон производства наших сверхмощных токарных станков с компьютерным ЧПУ, что позволяет нам предлагать станки для разных отраслей производства: от прокатки стали до таких секторов, как нефть и энергетика, прецизионные механические/гидравлические компоненты, металлургическая промышленность, бумажные фабрики.



# ТОКАРНЫЕ СТАНКИ С ЧПУ ДЛЯ ТЯЖЕЛЫХ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ

Производитель АТОМАТ S.p.A, Италия  
[www.atomat.com](http://www.atomat.com)

Представительство в РФ  
[atomat.rus@gmail.com](mailto:atomat.rus@gmail.com)  
тел: +371 26544122

**GIANNI** S.p.A. **et**

**АТОМАТ**  
GROUP

Наши торговые площадки охватывают практически все страны благодаря высокомотивированной агентской сети.

Фактически компания работает по всему миру, в более чем 60 странах, благодаря широкой стратегической сети продаж, способной позаботиться о каждом этапе процесса: от выявления потенциальных клиентов до привлечения клиентов к разработке индивидуальных решений и получению заказов.

ОДНИМ ИЗ ОСНОВНЫХ РЫНКОВ, КОТОРОМУ МЫ УДЕЛЯЕМ БОЛЬШОЕ ВНИМАНИЕ И КОТОРЫЙ ПРИНОСИТ НАМ УДОВЛЕТВОРЕНИЕ, НЕСОМНЕННО, ЯВЛЯЕТСЯ РОССИЙСКИЙ РЫНОК. ММК, «СЕВЕРСТАЛЬ», «МЕЧЕЛ», «ЕВРАЗ ЗСМК», НЛМК «УРАЛ» И АБИНСКИЙ ЕМЗ — НАШИ ВАЖНЕЙШИЕ ЗАКАЗЧИКИ, ОТ КОТОРЫХ МЫ ПОЛУЧАЕМ АВТОРИТЕТНЫЕ РЕФЕРЕНЦИИ.

### **Инновации и ноу-хау — два оружия, позволяющие победить на мировом рынке. Можете ли вы рассказать нам, над каким самым последним проектом вы работаете и какую роль НИОКР играют для вас?**

Научно-исследовательская деятельность благодаря высокоспециализированной команде позволяет компании Atomat быть на шаг впереди в области технологических инноваций и оптимизации производственных процессов. Таким образом АТОМАТ может ответить на вызовы все более агрессивной конкуренции.

Примером этого является реализация нового токарного станка с компьютерным ЧПУ **AT935E-HD**: это станок для тяжелых режимов обработки, полностью изготовленный на наших заводах.



Этот станок является частью нового поколения многофункциональных токарных станков для обрабатываемых деталей больших размеров и продолжает престижную традицию токарных станков, производимых с 1950 года компанией Giana Brothers исключительно под подлинным брендом Giana S.p.A.

Его большие размеры и четыре направляющие обеспечивают максимальную жесткость и стабильность при обработке тяжелых цилиндров и оптимизируют требуе-

мую производительность за счет повышения режимов резания.

Мощная станина станка полностью из чугуна монолитного типа: направляющие четыре плюс одна сделаны из цельного чугуна, произведенного в Италии и сертифицированного статическим и металлографическим анализами на его качество. Станина подвергается релаксации и искусственному старению, чтобы минимизировать концентрацию напряжений.

Монолитная станина гарантирует максимальную конструктивную жесткость во избежание любых вибраций и сохранения стабильной и точной нивелировки без необходимости периодической регулировки, как это происходит в составных конструкциях.

Чугунная передняя бабка имеет спиральные шестерни с прямым зацеплением, которые всегда включены, чтобы гарантировать:

- уменьшение люфта и, следовательно, максимальной точности передачи;
- отсутствие вибраций;
- подавление шума.

Задняя бабка имеет большую пиноль Ø350 мм для уменьшения изгибающего момента и повышения устойчивости.

Имея эту чрезвычайно жесткую и надежную конструкцию, станок легко настраивается для выполнения дополнительных функций, необходимых для каждого конкретного применения: обработка расточных отверстий, фрезерование, шлифование, сверление. Статические, механические или гидравлические люнеты могут быть предоставлены как вспомогательное средство, в зависимости от потребностей.

### **АТОМАТ S.p.A. основывает свою историю на увеличении человеческого капитала и «Сделано в Италии». Вы все еще верите в необходимость этого улучшения?**

«Сделано в Италии» прошло долгий путь, чтобы достичь важности сегодня. Его сила заключается в заботе и внимании к деталям, качеству и ценности различных итальянских творений во многих областях; характеристики, которые в эпоху глобализации, однако, подвергаются серьезному риску быть подавленными сильной привлекательностью низкой стоимости рабочей силы или переезда производства, что, таким образом, приводит к потере своей уникальности, непосредственности признания и, следовательно, силы на международном рынке.

«Сделано в Италии» играет решающую роль в мировой экономике и поэтому всегда ценится в наших бизнес-стратегиях.

### **Г-н Мартеккини, давайте наконец заглянем в будущее: каковы стратегии развития АТОМАТ S.p.A.?**

Благодаря целеустремленности и инвестициям в инновационные предприятия, даже в особенно сложные годы, АТОМАТ теперь может рассчитывать на эффективную и конкурентоспособную производственную структуру, а также на финансовую мощь, мотивированные и динамичные продажи и сеть партнеров. Наша задача будет заключаться в укреплении и без того сильных позиций на рынке, подтверждении нашего превосходства и наших технологий в мире и использовании возможностей для коммерческого и промышленного роста, предлагаемых развивающимися странами.



## FICER ENERGY: НОВЫЙ ОБРАБАТЫВАЮЩИЙ ЦЕНТР С ЧПУ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БАШЕН ВЕТРЯНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

Россия уже на протяжении нескольких лет продвигает амбициозную программу перехода на источники энергии с нулевым уровнем выбросов: энергия, поступающая от ветряных генераторов, представляет собой одно из основных средств этого перехода.

Итальянская компания FICER, имеющая почти вековую историю и опыт в производстве высокотехнологичных решений в области производства металлоконструкций, приближается к этой разработке благодаря новой линии с ЧПУ Energy, разработанной и спроектированной для фрезерования, сверления и разметки стальных листов, предназначенных для изготовления башен ветряных генераторов.

Эффективное и инновационное решение, которое обеспечивает высокую производительность, универсальность и результативность, а также полностью соответствует высоким стандартам качества, установленным отраслевыми нормами.

Energy удовлетворяет требования к производству башен ветряных генераторов, но также соответствует потребностям энергетического сектора — теплообменников, так как и нефтегазового сектора, гражданского строительства и верфей.

Компания FICER, работающая на российском рынке совместно с «МЕТАЛФОРМЕ», своим более чем 20-летним партнером, предлагает широкий выбор станков и программных решений для металлообработки, которые способны удовлетворить требования всей производственной цепочки. Обрабатывающий центр с ЧПУ Energy может быть интегрирован с другими решениями FICER в рамках полностью автоматической системы для обработки стали.

Технологические особенности и основные преимущества линии с ЧПУ Energy:

- **Быстрая, точная и высокопроизводительная обработка:** эффективное удаление металла благодаря мощности, развиваемой 60 кВт шпинделями, воздействующими на фрезерный инструмент с усилием более 1200 Н/м.
- **Высокая производительность:** общая высокая производительность, которая обеспечивается высокими скоростями рабочей подачи и позиционирования, достигающими 30 м/мин по оси X; встроенным решением для смены инструмента, автоматизирующим и ускоряющим фазы смены инструмента, а также широким рабочим столом, который может быть организован в виде двух рабочих зон.
- **Сложные рабочие циклы:** использование высококачественного сырья и наилучших компонентов обеспечивает прочность и надежность конструкции, в первую очередь, для рамы портала и ее направляющих.
- **Легкость в использовании:** интерфейс прост и удобен для оператора. Устройство станка позволяет легко настраивать оснастку и выполнять стандартные процедуры технического обслуживания.
- **Максимальная точность:** измерительное устройство позволяет точно обрабатывать данные распознавания материала для получения максимальной точности.

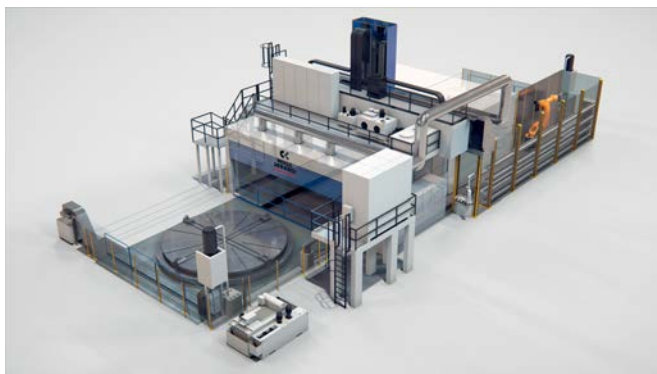
ООО «МЕТАЛФОРМЕ»  
127051, Россия,  
г. Москва, ул. Петровка,  
д. 20/1, офис 36  
Тел. +7 495 444 2624  
Email: pmcm@mail.ru

«ФИЧЕП» С.п.А.  
21045, Италия, Газзада Скьянно,  
г. Варезе, ул. Маттеотти, 21  
Тел.: +39 0332 876 111  
Факс: +39 0332 462 459  
Email: ficerp@ficerp.it  
www.ficergroup.it

# КРУПНОГАБАРИТНЫЙ МНОГОЗАДАЧНЫЙ ОБРАБАТЫВАЮЩИЙ ЦЕНТР

Новая линейка станков с ЧПУ, разработанная компанией Innse-Berardi, предлагает широкий спектр решений.

Перед инженерами компании была поставлена задача разработать крупногабаритный обрабатывающий центр, способный выполнять **многозадачные процессы** для обработки заготовки с минимально возможным количеством операций позиционирования, гарантируя при этом высокое качество обработки, соответствующее ожиданиям наших заказчиков. Результатом стала разработанная компанией Innse-Berardi новая линейка станков с ЧПУ, предлагающая широкий спектр решений, способных удовлетворить особые требования крупносерийного производства и требований к размерам обрабатываемых деталей. Наши решения основаны на большом опыте, который накопила на протяжении десятилетий станкостроительная компания из Брешии, специализирующаяся на разработке и вводе в эксплуатацию **высокотехнологичных систем** и ставшая лидером в сфере тяжелой металлообработки, а также энергетическом, транспортном, авиакосмическом и оборонном секторах.



Идея, лежащая в основе разработки этой линейки продуктов, является производной от характеристик, которые принято считать типичными для классического обрабатывающего центра, то есть станка в виде изолированной установки, полностью автоматизированной и обеспечивающей высокий уровень эксплуатационной гибкости. Несколько лет назад начали проектироваться первые крупные системы, а именно: вертикальные станки портального типа и горизонтальные фрезерно-расточные станки, предназначенные для крупносерийного производства.

«Сегодня мы считаем, что эти системы являются настоящими обрабатывающими центрами, поскольку они представляют собой автоматизированные решения, оснащенные различными функциями, относящимися к процессам обработки, что делает их настоящими многозадачными системами ЧПУ. Они способны одновременно выполнять следующие операции: производить смену обрабатываемой детали, осуществлять автоматическую смену инструмента как на основном шпинделе, так и на любых дополнительных головках, а также распознавать и контролировать в реальном времени инструменты и дополнительные головки, установленные на станке, — говорит **Серджи Леони, руководитель отдела разработок компании Innse-Berardi**. — Типичный размер деталей, обрабатываемых на наших горизонтальных или вертикальных станках, начинается от 5×2,5×2 метра и может быть еще больше, без каких-либо ограничений. Например, в настоящее время мы разраба-

тываем систему, способную обрабатывать **цилиндр диаметром 17 и высотой 9 метров** и, не меняя рабочего положения, также обрабатывать призматическую деталь размером 13×6×9 метров. Диапазон мощности системы **от 50 до 150 кВт**, крутящий момент шпинделя **от 1500 до 32000 Нм**».

На более крупных станках функции оператора также включают в себя контроль за производственным циклом, но в этом случае от него требуется большее внимание именно ввиду размера обрабатываемых деталей, который предполагает их высокую ценность и стоимость. Все более желательным становится автоматическое выполнение задач на крупных обрабатывающих центрах, которые, следовательно, должны быть оснащены всеми необходимыми функциями для обеспечения правильного выполнения технологического процесса. В случае аварии блок ЧПУ должен быть способен безопасно остановить станок без повреждения обрабатываемой детали, так как оно может привести к значительным экономическим потерям.

«Что касается конфигурации станка, то даже если наличие поворотного стола не всегда является обязательным требованием, бывают необходимы операции аналогичные токарным или процессы с использованием специальных дополнительных головок. При этом механическая обработка должна производиться в автоматизированном режиме с ограничением любого возможного вмешательства операторов и изменения позиционирования деталей, — добавляет Леони. — Это философия, которой мы руководствовались на протяжении многих лет при разработке станков с высокотехнологичными системами автоматизации, способными быстро и эффективно управлять станком. Кроме того, важную роль играют устройства, необходимые для безопасной автоматизации многих операций, которые раньше оператору приходилось выполнять вручную, таких как замеры на деталях с помощью электронных щупов или лазерных сканеров, а также контроль процесса обработки с передачей параметров резания в режиме реального времени в соответствии с рабочими условиями, чтобы избежать повреждения станка или изготавливаемой детали».

Чтобы обеспечить соответствие требованиям технологии Индустрии 4.0, как это уже делается на небольших обрабатывающих центрах, крупногабаритные обрабатывающие центры Innse-Berardi также оснащаются специально разработанными системами для интеграции производственных потоков в объединенную цифровую систему.

Наши квалифицированные технические специалисты оказывают послепродажную поддержку на протяжении всего жизненного цикла системы: от фазы запуска и обучения до текущего и внепланового обслуживания — в том числе в удаленном режиме, где это возможно. Компания Innse-Berardi предоставляет своим заказчикам **услуги телефонного контактного центра в режиме 24/7**, в задачи которого входит определение стратегий неотложного реагирования на любую проблему с последующим выбором наиболее подходящего обслуживания для ее решения, в том числе с помощью **пакета IB 4.0**, предназначенного для непосредственного управления соединением между системой и ее облаком, в котором собираются, сохраняются и могут анализироваться в соответствии с конкретными потребностями **большие объемы данных**, получаемые от датчиков системы.



## **ARIES HYDRO** ГОРИЗОНТАЛЬНО-РАСТОЧНЫЙ ФРЕЗЕРНЫЙ СТАНОК



### **Большой - мощный - точный и подготовленный для ИИТ**

Горизонтально-расточные фрезерные станки средних и больших размеров с подвижной колонной и гидростатическими направляющими с предварительным натягом; подходят для обработки крупногабаритных деталей. Конструкция станков обеспечивает максимальную точность обработки и высокую производительность, одновременно с отличной стабильностью работы. Станки Aries Hydro спроектированы, рассчитаны и созданы с использованием метода конечных элементов.

**Вариант с 3 или 5  
управляемыми осями**  
**Вариант с плитным настилом  
и/или поворотным столом**  
**Мощность шпинделя  
от 51÷150 кВт**  
**Крутящий момент шпинделя  
3750÷32000 Нм**  
**Масса заготовки до 500 тонн**



Посетите наш стенд:  
**МЕТАЛЛООБРАБОТКА**  
24-28.05.2021  
Пав. 8. Зал 2. 82A20

**Иннсе-Берарди Ру**  
125009, Москва,  
ул. Тверская, 20/1  
Тел. +7 495 741 4002  
info@innse-berardi.ru  
www.innse-berardi.com

# ЖЕЛЕЗНАЯ РЕПУТАЦИЯ



## РОБОТИЗИРОВАННЫЕ МОДУЛИ ДЛЯ СТАНКОВ

Роботизированные модули Pumori Robotics адаптируются к потребностям заказчика и выводят эффективность станков на новый уровень.

Компания «Пумори-северо-запад» разрабатывает и внедряет готовые автоматизированные решения, спроектированные под индивидуальные требования заказчиков, — это автоматизация одного станка или всей производственной линии.

**Робот** устанавливает заготовки в станок и выгружает готовые изделия на платформу или конвейер. Через заданный интервал времени робот доставляет изделия к контрольно-измерительной станции или к пункту лазерной маркировки. Конструкция захвата разрабатывается индивидуально к каждому изделию.

• **Безопасность работ** обеспечивается сканерами, световым барьером и ограждениями, что обеспечивает простую эксплуатацию.

• **Лазерная маркировка** — эффективный метод быстрой нестираемой маркировки без этикеток и ручного труда.

• **Контрольно-измерительная станция** предназначена для проверки качества и соответствия допускам. Проверка

осуществляется выборочно либо с заданным интервалом.

• **При помощи захватов/3D камеры** робот распознает отдельные изделия и берет их с палеты, даже если они расположены на ней вразброс.

• **Пользовательский интерфейс** позволяет повысить производительность. Он понятен и прост в работе и полностью адаптирован к потребностям пользователя. Благодаря параметрическому управлению упрощается процесс программирования новых изделий и снижаются затраты времени на настройку. Сенсорный экран интерфейса работает в промышленных условиях.

**Приглашаем вас посетить наш стенд на выставке «Металлообработка»**, где будут представлены решения по автоматизации.



ООО «Пумори-северо-запад»  
Отдел автоматизации: [marketing@pumorinw.ru](mailto:marketing@pumorinw.ru)  
+7 (812) 670-70-26, [www.pumorinw.ru](http://www.pumorinw.ru)



## ВИДЕОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ MITUTOYO

Mitutoyo производит видеоизмерительные машины (далее ВИМ) с 1987 года. Было создано множество моделей и типов этих оптических средств измерений. Самой востребованной на рынке моделью стала ВИМ с числовым программным управлением Quick Vision Active

(далее ЧПУ ВИМ QV Active). Такая заслуженная популярность объясняется оптимальным сочетанием широких функциональных возможностей данной модели и ее стоимости. Ключевые преимущества данной модели ВИМ:

**Отличная оптика собственного производства** — позволяет одним нажатием кнопки мыши гибко настраивать увеличение благодаря восьмипозиционному зум-объективу, дополненному сменными объективами. Общее оптическое увеличение может составлять от 0,5X до 7X. Высокое качество оптики вместе с возможностями программного обеспечения позволяют проводить бесконтактные измерения вдоль оси Z методом продольной фокусировки с нормированной погрешностью от 3 мкм.

**Сочетание бесконтактных и контактных измерений** — даже после установки ВИМ QV Active ее возможно дооснастить контактным датчиком Renishaw® TP20/200, что позволит одновременно с измерениями миниатюрных элементов оптическим блоком проводить измерения на торцах или нижней поверхности детали.

**Высокая скорость и стабильность измерений** достигается за счет использования жесткого чугунного корпуса, устойчивых к загрязнению стальных отсчетных шкал и скорости перемещения по всем осям до 200 мм/с.

**Не только для измерений, но и для визуального контроля** — камера на основе цветной КМОП-матрицы в сочетании с высоким качеством оптики позволяют сохранять цветные изображения любых дефектов.

**Мощное программное обеспечение QVPAK** — быстрое и удобное ПО для написания управляющих программ. В расширенном режиме позволяет использовать переменные, создавать гибкие циклы и даже писать собственные функции. Дополнительные модули ПО еще больше расширяют его возможности — программирование по 2D/3D-модели, анализ контуров детали, связь ВИМ с внешними устройствами (робот, станок и т.п.).

**Гибкая подсветка** — полностью светодиодная проходящая (снизу), отраженная (сверху) и кольцевая (вокруг объектива) подсветки позволяют подобрать наилучший режим освещения, что обеспечивает надежное измерение.

**Для широкого спектра применений** — размерный ряд модели позволяет сделать выбор из двух диапазонов измерений ВИМ 200×250×150 мм или 400×400×200 мм (XYZ).

ООО «Техтрейд» является официальным дилером Mitutoyo. ЧПУ ВИМ QV Active в работе будет показана на стенде «Пумори» во время выставки «Металлообработка».

ООО «Техтрейд», +7 (343) 287-00-41, 287-30-65  
E-mail: [tools@pumori.ru](mailto:tools@pumori.ru), [www.techtrade.ru](http://www.techtrade.ru)

## ДАЙДЖЕСТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОТ OKUMA

В интересное время мы живем, в век бурного развития технологий, высокого инжиниринга и инноваций, о которых ранее наши предшественники даже и мечтать не могли! В дополнение к собственным разработкам — интеллектуальным технологиям компания OKUMA предлагает целый ряд премиальных решений, которые поднимают возможности обработки на новый уровень.

### **Зубчатые колеса и шестерни**

**Gear Machining Package** — специальный пакет OKUMA для обработки зубчатых колес представляет идеальное сочетание аппаратного и программного обеспечения и позволяет вести высокоточную обработку деталей зубчатых передач на одном многофункциональном/многошпиндельном обрабатывающем центре. Достаточно ввести параметры инструментов, характеристики зубчатых передач и режимы резания. Пакет может быть использован без каких-либо предварительных знаний программирования.

### **Корпуса деталей трубопроводной арматуры**

**Turn-Cut** разработан специально для токарной обработки сложных по форме отверстий. Иногда размер, форма или вес детали не позволяют установить ее на токарном станке или обеспечить разворот и надежное крепление заготовки. В процессе точения на станках OKUMA синхронизируется круговое движение по X и Y с углом наклона шпинделя, а кромка инструмента сохраняет запрограммированную траекторию в течение всего времени обработки. Turn-Cut устраняет необходимость в покупке спецстанков, дополнительного инструмента и оснастки.



### **Обработка герметичных плоских канавок**

Фрезерование канавок концевыми фрезами часто оставляет задиры и царапины после прохода. Наша функция обработки канавок плоским инструментом эффективно улучшает параметры геометрии и шероховатость поверхности. При обработке сложной кривой движение шпинделя точно синхронизируется с движением режущей кромки для выполнения высокоточной обработки.

### **Обработка штампов и пресс-форм и сложных криволинейных поверхностей**

**Функция Hyper-Surface** обнаруживает нарушения и изменение данных обработки, которые приводят к появлению царапин на поверхностях. Она автоматически вносит коррективы в систему управления Okuma для улучшения качества поверхности без изменения данных обработки при сохранении требуемой точности формы. Это минимизирует время, необходимое для ручной отделки, и уменьшает царапины и неровные края.

Это далеко не все возможности, которые открываются с оборудованием OKUMA и становятся нормой жизни, позволяя обрабатывать детали проще, дешевле, экономичнее.

ООО «Пумори-инжиниринг инвест»

620085, Россия, Екатеринбург, ул. Монтерская, стр. 3, оф. 105  
+7 (343) 287-47-87, [www.pumori-invest.ru](http://www.pumori-invest.ru)



## ИНЖИНИРИНГОВЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВ

Компания «Урал-инструмент-Пумори» с 1993 года активно работает в сфере внедрения инженеринговых решений, новейших техно-

нологий, инструмента и оборудования в машиностроении. Компания системно решает вопросы производства, осуществляя полный спектр услуг от поставки оборудования и его технического сопровождения до подготовки квалифицированного персонала.

— Сегодня для многих предприятий стоит задача проведения модернизации и реорганизации производственных мощностей. Модернизация любого производства, как и создание нового, — комплекс многофакторных мероприятий. Недостаточно только приобрести и смонтировать современное оборудование. Эффективность этого мероприятия обеспечивают предварительный анализ и точность управления инженеринговым проектом, — поясняет генеральный директор ООО «Урал-инструмент-Пумори» Олег Гаднанович Хурматуллин.

— Полученные в ходе технологического и организационного аудита производства данные служат основной составляющей будущего проекта по инженерингу технологического оборудования, — дополняет технолог предприятия.

С августа 2006 года «Урал-инструмент-Пумори» входит в структуру корпорации «Пумори». За прошедшие годы сфера деятельности предприятия значительно расширилась, компания сотрудничает более чем с 50 всемирно известными партнерами-поставщиками. В 2013 году подписаны соглашения с компаниями индийской группы ACE Micromatic о сборке станков в России. С тех пор ведется последовательная работа по постепенной локализации производства. В августе 2007 г. состоялось открытие учебно-демонстрационного центра на базе механико-технологического факультета Пермского национально-исследовательского политехнического университета (ПНИПУ).

Накопленный опыт стабильного, поступательного развития и неукоснительное выполнение своих обязательств являются гарантом надежности в отношениях с партнером. Высокое качество продукции, индивидуальный подход к покупателям и профессионализм в работе — приоритеты, на которых основана деятельность «Урал-инструмент-Пумори».

ООО «Урал-инструмент-Пумори»

614014, г. Пермь, ул. 1905 года, 35, корп. 1  
+7 (342) 215-45-18, [info@uipumori.ru](mailto:info@uipumori.ru) <http://www.uipumori.ru>



Приглашаем посетить стенд корпорации «Пумори»  
на выставке «Металлообработка»: г. Москва, ЦВК «Экспоцентр»  
пав. 3, стенд 3С50 с 24 по 28 мая 2021 г.

# ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ ОСК — ЛОГИСТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ПРОИЗВОДСТВА

Необходимым условием эффективной деятельности любого предприятия являются скорость и слаженность технологических процессов, которые невозможны без четкой, выверенной организации хранения материалов и товаров. Системы хранения, выпускаемые «Объединенной станкоинструментальной компанией» (ОСК), помогают решить целый комплекс задач: оснастить складские помещения, рационально задействовав имеющиеся площади, обеспечить безопасность персонала, простоту процессов перемещения товаров, их учета и оптимизировать производственный процесс в целом.

Сегодня российский производитель ОСК изготавливает горизонтальные и вертикальные стеллажи и автоматизированные системы для хранения любых видов грузов: от металлических листов, инструмента, рулонных материалов, автомобильных шин, запчастей, документов до продуктов питания. В числе клиентов компании — отечественные и зарубежные предприятия, работающие в сферах машиностроения, здравоохранения, проектные организации, архивы и многие другие. ОСК предлагает как готовые стандартные системы хранения, так и уникальные решения, которые разрабатываются по индивидуальному заказу.

## СТЕЛЛАЖИ ОСК — ОПТИМАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ БЕЗОПАСНОГО ХРАНЕНИЯ ЛИСТОВОГО МЕТАЛЛА

Стеллажи для хранения листового металла и негабаритного груза востребованы предприятиями металлообрабатывающей промышленности не случайно. Системы хранения ОСК позволяют им сокращать затраты на поиск и перемещение необходимого вида и количества листов, обеспечивают безопасность сотрудников, исключают возможность деформации и повреждений материала в процессе хранения и транспортировки, максимально упрощают процесс инвентаризации.

Типовые стеллажи для хранения листового металла имеют стандартную конструкцию, которая может быть доработана в зависимости от задач заказчика и параметров складской площади. Возможно изменение размера кассет для хранения листов нестандартных размеров, местоположения пульта управления, грузоподъемности, установка дополнительных кассет, монтаж кран-балки, подключение

к электросети, оснащение вакуумным или магнитным захватами.

Стеллажи для горизонтального хранения могут комплектоваться несъемными либо выдвижными кассетами с ручным управлением или максимально удобным и современным электроприводом.

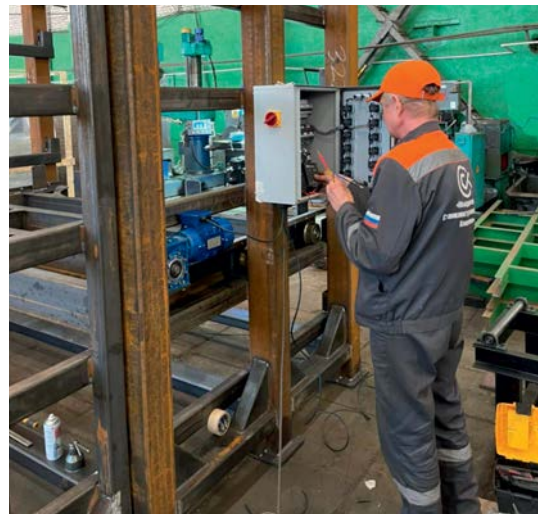
По желанию клиента стеллажи дооснащаются распалетовщиком и угловым отбойником, которые облегчают использование системы хранения и продлевают срок ее эксплуатации. Распалетовщик помогает удалять деревянный поддон от пачки листа и удобен для загрузки листов в кассету стеллажа, а угловой отбойник защищает конструкцию от ударов вилок погрузчика.

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ СОКРАЩАЮТ РУЧНОЙ ТРУД И ЭКОНОМЯТ ДО 75% ПЛОЩАДИ СКЛАДА

Функционирование современных металлообрабатывающих предприятий сегодня предполагает не только использование высокотехнологичного оборудования, но и динамичное хранение, складирование и транспортировку металла на всех этапах производственного цикла. Именно склад металлопроката выполняет функцию логистического центра, обеспечивая бесперебойный поток материалов и непрерывную работу дорогостоящих станков и установок.

Для предприятий, нацеленных на повышение производительности с помощью эффективного складирования, «Объединенная станкоинструментальная компания» разработала комплексное решение — автоматизированные системы хранения грузов. Такие системы состоят из стеллажей, которые расположены по всей высоте помещения, устройств для перемещения грузов, их размещения и забора. Они обеспечивают защиту товаров от пыли, грязи, света и несанкционированного доступа, а главное — помогают сэкономить до 75 процентов полезной площади помещения, которую можно использовать для установки дополнительных стеллажей и другого оборудования.

Кроме перечисленных преимуществ системы хранения, оснащенные электрокомпонентами, позволяют на 70 процентов снизить количество ошибок при комплектации заказов и значительно сократить время выполнения





погрузочно-разгрузочных работ за счет полного исключения ручного труда. Система оперативно и точно выполняет шаги, за которые обычно отвечают несколько сотрудников склада, а оператору остается лишь контролировать процесс. Автоматизированные системы хранения грузов ОСК повышают эргономику рабочего места и, как следствие, эффективность производства в целом.

Особенно важно, что высокотехнологичные системы хранения можно интегрировать с автоматическими установками лазерной резки. Это позволяет использовать их не только на складе сырья, но и на других этапах производства, сокращая до минимума число работников даже на сложных участках. Например, с помощью крана с вакуумным захватом один человек без особых усилий выполняет трудоемкую операцию по перемещению листа металла со стеллажа на лазерный станок. Весь процесс при этом отвечает строгим европейским стандартам качества и безопасности.

Системы ОСК подходят как для полностью автоматизированных, так и для обычных складов. Такую конструкцию удобно использовать для хранения крупногабаритных или мелких предметов, например, автомобильных инструментов, и ускорять поиск нужной детали, в то же время другие товары могут размещаться на стандартных складских стеллажах.

#### УМНЫЕ СИСТЕМЫ ПРИЗВАНЫ РЕШАТЬ ЛЮБОЙ ТИП СКЛАДСКИХ ЗАДАЧ

Непрерывно осваивая новые технологии, «Объединенная станкоинструментальная компания» изготавливает автоматизированные системы хранения различных типов и конструкций, которые помогают организовать «бережливый» производственный процесс и решать широкий круг задач с привлечением минимального количества персонала.

Для хранения крупногабаритных товаров и металлопрофиля изготавливается универсальная одно-, двух- или многобашенная система хранения. Она подходит для размещения длинномерного металла, пруткового материала, оснастки, штампов, пресс-форм, металлопроката, тяжелых и нестандартных грузов. С помощью сверхпрочной и надежной башенной системы можно хранить и складировать профильные металлические товары, предметы и поддерживать непрерывную загрузку и разгрузку станков в процессе работы.

Автоматизированная система карусельного типа применяется для упорядоченного хранения, отбора и выда-

чи деталей небольшого и среднего размера на предприятиях автомобильной, электронной, медицинской и других видов промышленности. Такая конструкция обеспечивает работникам быстрый поиск и доступ к предметам, документам, показывая оператору, какой товар нужно отобрать, и его количество.

Система хранения карусельного типа позволяет максимально эффективно задействовать технические площади, увеличивает скорость и точность выполнения складских операций за счет автоматической подачи полок и доставки товара к оператору. Защитные барьеры делают работу с системой комфортной и безопасной для персонала, исключая вероятность травмирования. В зависимости от типа размещаемого на складе товара система поддерживает необходимую

температуру и влажность в контейнерах, предоставляет возможность подключать считыватель штрих-кода и электронные весы.

Большое значение для полной автоматизации производственных циклов имеет интеграция процесса складского хранения с ERP-системой предприятия. Автоматизированный склад ОСК предоставляет такую возможность, гарантируя конфиденциальность и защиту от бесконтрольного доступа с помощью кодового ключа.

Для хранения товаров с большим весом (тяжелых запчастей, оснастки и т.п.) ОСК изготавливает карусельные системы хранения с усиленной конструкцией. Склады с документацией, медицинскими препаратами и другими легкими товарами оснащаются системами хранения облегченной конструкции.

Вертикальный лифтовый склад — это рациональная альтернатива многоярусным полочным стеллажам. Данная автоматизированная система широко применяется на складах и в цехах готовой продукции во многих отраслях промышленности и служит эффективным решением для хранения грузов разного веса и габаритов. Лифтовый склад способен сэкономить до 80 процентов площади, позволяя использовать практически всю высоту помещения от пола до потолка. Благодаря его модульной конструкции система адаптируется к параметрам помещения и максимально задействует имеющееся пространство.

Программное оснащение лифтового склада предусматривает адресное хранение товара, автоматическую загрузку и выгрузку, полное прослеживание и управление процессом складирования. Система самостоятельно контролирует и оперативно предоставляет информацию о состоянии товара, лимите остатков, клиентской базе, ведет учет выдачи и приемки, времени работы, списка заказов, загрузки поддона, отслеживает другие параметры. Интеграция программного обеспечения склада с ERP-системой предприятия дает возможность полностью автоматизировать производственный процесс, а следовательно, снижать издержки и увеличивать прибыль.

Системы хранения ОСК — это передовые решения для автоматизации складской логистики.



ОБЪЕДИНЕННАЯ  
СТАНКОИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ  
КОМПАНИЯ траектория точности

**Д. И. Громков,**  
директор по продажам складского оборудования  
8 (800) 250-78-78 доб. 110  
racks@osk-group.ru

# РАЗВИТИЕ УЛЬТРАПРЕЦИЗИОННОГО ШЛИФОВАНИЯ: ОБОРУДОВАНИЕ (часть 2)

ДОСТАТОЧНО УНИФИЦИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЦЕССАМ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЛЕЗВИЙНОЙ И АБРАЗИВНОЙ НАНООБРАБОТКИ, КОТОРЫЕ ПРОИСХОДЯТ В ПЛАСТИЧНОМ РЕЖИМЕ, И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СТАНКАМ ВО МНОГОМ ОПРЕДЕЛЯЮТ КОНСТРУКЦИЮ УЛЬТРАПРЕЦИЗИОННЫХ СТАНКОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ.

Интернет-ресурс Market Research Report Store предлагает последний опубликованный отчет по анализу рынка сверхточных станков и прогнозу на 2019–2025 годы, дающий ключевую информацию и обеспечивающий конкурентное преимущество клиентам. К сверхточной механической обработке ресурс предлагает относить процессы, обеспечивающие величину допуска до 1 мкм.

Северная Америка — самая большая зона потребления сверхточных станков, составившая в 2018 году 36%. Европа занимает второе место, с объемом 33%. Рынок сверхточных станков оценивался в 402,4 млн долларов США в 2018 году и по прогнозам достигнет 518 млн долларов США к 2025 году при среднем показателе роста 3,4% до 2025 года.

Традиционные производители ультрапрецизионного оборудования: Fives, Moore Nanotechnology Systems, Precitech, Toyoda, Nachi Fujikoshi, Hardinge, Inc, AMETEK, Schneider Optics Machines, TOSHIBA, LT Ultra, Innolite, Hembrug Machine Tools (Danobat), Mikrotools и др.

## УЛЬТРАПРЕЦИЗИОННЫЕ СТАНКИ ДЛЯ ЛЕЗВИЙНОЙ И АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ

Большинство сверхточных станков, доступных на рынке, оснащены системами обработки, в которых используются либо одноточечные алмазные инструменты, либо многоточечные абразивные, т.е. шлифовальные круги. Однако достаточно часто обе системы обработки по запросу клиента объединяются в один станок для обеспечения возможности как лезвийной, так и шлифовальной обработки [1, 2]. На **рис. 1** показаны типичные конструкции обоих сверхточных станков.

Сверхточные станки, совместимые с конкретной производственной средой, требуют термически стабильной и динамически устойчивой конструкции станка, основанной на концепции, описываемой блок-схемой, показанной на **рис. 2** [3].

Эта концепция станка может быть принципиально реализована со следующими признаками:

- близкая к идеалу структура конструкции,

- изоляция различных источников ошибок,
- минимизация множества генераторов ошибок,
- управление источниками ошибок.

Современные ультрапрецизионные станки нуждаются в увеличивающемся количестве датчиков и исполнительных механизмов с более высокой производительностью.

Ключевые факторы проектирования, которые определяют сверхточный станок, предполагают независимую метрологическую рамку, симметричную конструкцию станка, управление тепловым потоком, минимизацию ошибки Аббе, бесконтактную структуру конструкции, активный контроль и устранение вибрации (**рис. 2**).

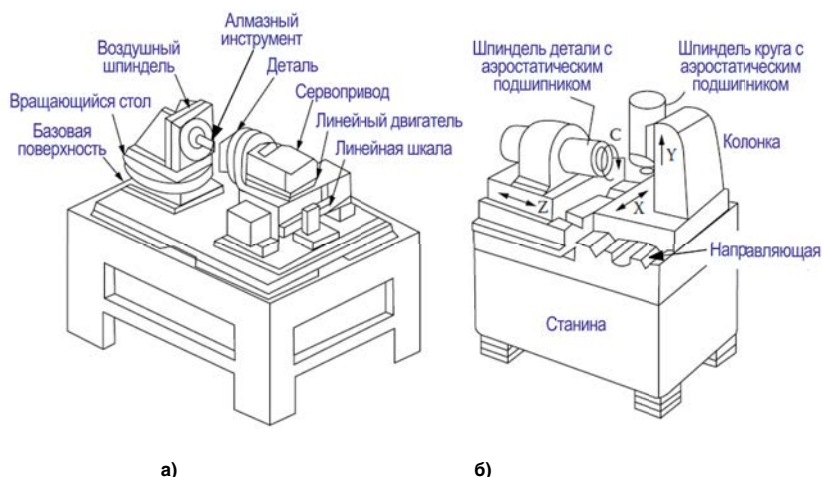
Т. о., мехатроника обеспечивает инновационную функцию для станков. Сенсорные и исполнительные системы в частности характеризуют будущие интеллектуальные станки [3].

Компания Moore Nanotechnology Systems (Nanotech®) [4], основанная в Keene (США) в 1997 году как самостоятельная дочерняя компания Moore Tool Company, является одной из ведущих в области проектирования, разработки и производства современных сверхточных станков и процессов одноточечной алмазной токарной обработки, микрофрезерования, микрошлифования.

Компания Nanotech® выпускает гамму ультрапрецизионных станков (**рис. 3**) для производства оптических компонентов в электронике, оборонной, аэрокосмической, светотехнической, медицинской и автомобильной отраслях. В этих станках как на единой базе могут использоваться различные технологические опции для лезвийной и шлифовальной обработки изделий.

В **таблице 1** представлены основные общие данные по гамме станков фирмы Nanotech®.

Все станки компании Nanotech® имеют оптимально расположенную систему пневматической изоляции. В качестве опции может дополнительно применяться система пневматической изоляции с демпфированием сдвига и самовыравниванием. В станках разрешение позиционирования по осям составляет 0,01 нм для линейных осей и 0,0000001° (0,00036 угл. сек.) для поворотных осей.



**Рис. 1.** Типичные конструкции сверхточных станков компании Toshiba Machine Co, Ltd.: а) 2-осевого одноточечного алмазного токарного станка; б) 4-осевого алмазного шлифовального станка [1]



Рис. 2. Блок-схема стабильной конструкции сверхточного станка [3]

Nanotech **100UPG<sup>v1</sup>** — это сверхточный шлифовальный станок (рис. 4) для обработки асферических оптических формовочных вставок из карбида вольфрама и карбида кремния, используемых в прессформовании стекла, а также для шлифования асферических стеклянных линз. Станок используется и для одноточечного алмазного точения симметричных оптических компонентов.

На станке Nanotech **450UPL<sup>v2</sup>** возможно шлифование вставки радиусом 25 мм из карбида вольфрама (WC), диаметром 30 мм (рис. 5). Применялись следующие параметры обработки: обороты рабочего шпинделя 128 об/мин, шлифовального — 45000 об/мин при чистовой



Рис. 3. Производственная линейка ультрапрецизионных станков Nanotech®

Таблица 1

Параметр	Производственная линейка станков NANOTECH®			
	100 UPG <sup>v1</sup>	250UPL <sup>v2</sup>	450UPL <sup>v2</sup>	650FG <sup>v2</sup>
Конфигурация станка	Ультрапрецизионный 2-, 3- или 4-осевой шлифовальный станок с ЧПУ для обработки асферических поверхностей.	Ультрапрецизионный 2-, 3- или 4-осевой контурный станок с ЧПУ с ориентацией по оси T.	Ультрапрецизионный 2-, 3- или 4-осевой контурный станок с ЧПУ с ориентацией по оси T.	Ультрапрецизионная 3-, 4- или 5-осевая система обработки с ЧПУ для осевого точения асферических и тороидальных поверхностей.
Параметры заготовки D или D×L	D 100 мм. В конфигурации XZ или XZB — шлифование. D 250 мм — алмазная токарная обработка.	300×200 мм. (С возможностью поворота изделия диаметром 150 мм вокруг поворотной оси B.)	450×300 мм. (С возможностью поворота изделия диаметром 200 мм вокруг поворотной оси B.)	650×300 мм. (Возможность поворота доступна по запросу.)
Материал станины	Монолитный композитный полимерный гранит со встроенными желобами для СОЖ	Натуральный черный гранит со встроенными направляющими и защитным фартуком из нержавеющей стали для СОЖ.	Монолитный композитный эпоксидно-гранитный материал со встроенными желобами для СОЖ и армированием углеродным волокном.	Монолитный композитный полимергранит высокой термостойкости со встроенными желобами для СОЖ.
Функциональные характеристики (примеры)	Материал — карбид вольфрама. Точность формы (P-V): 0,15 мкм/диаметр 12,7 мм, выпуклая сфера с радиусом 25 мм. Шероховатость поверхности Ra 5,0 нм.	Материал — алюминиевый сплав высокой чистоты. Точность формы (P-V): ≤ 0,1 мкм/диаметр 75 мм, выпуклая сфера радиусом 250 мм. Шероховатость поверхности Ra ≤ 2,0 нм.	Материал — алюминиевый сплав высокой чистоты. Точность формы (P-V): ≤ 0,125 мкм/диаметр 75 мм, выпуклая сфера с радиусом 250 мм. Шероховатость поверхности Ra ≤ 2,0 нм.	Материал — алюминиевый сплав высокой чистоты. Точность формы (P-V): ≤ 0,15 мкм/диаметр 75 мм, выпуклая сфера радиусом 250 мм. Шероховатость поверхности Ra ≤ 3,0 нм.

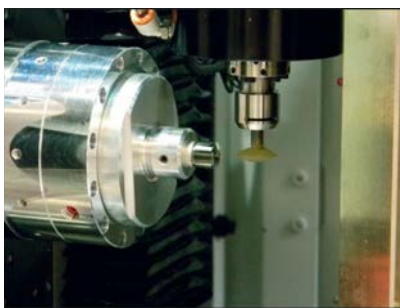


Рис. 4. Зона обработки станка 100UPG<sup>v1</sup>



Рис. 5. Шлифование вставки из карбида вольфрама на станке 450UPL<sup>v2</sup>

глубине резания 1 мкм с хладагентом OMS. В качестве инструмента использовался алмазный круг на бакелитовой связке, тип алмаза — натуральный, зернистость — 3000, диаметр круга — 20 мм. При этом была достигнута точность формы P-V = 0,065 мкм и шероховатость поверхности Ra = 3,635 нм [4].

Критические элементы, определяющие точность обработки на станке с ЧПУ, зависят не только от его механических частей, но и от точности шкалы линейек (то есть разрешения). Линейка обычно состоит из фиксированной шкалы, подвижной шкалы (считывающей головки) и соединительных кабелей.

В сверхточных токарных и шлифовальных станках, разработанных MOORE (США) в 2016 году, используется решетчатый датчик линейных перемещений с разрешением 8,4 пм и 8 пм [5]. Точность поверхности некоторых представительных деталей, которые обрабатывались на станке, оснащенном этим датчиком, составляет менее 0,1 мкм, что может быть использовано для изготовления отражателей лазерного гироскопа в межконтинентальных крылатых ракетах и объективах камеры беспилотного са-



Рис. 7. Сверхточный шлифовальный станок BOX (Big OptiX)

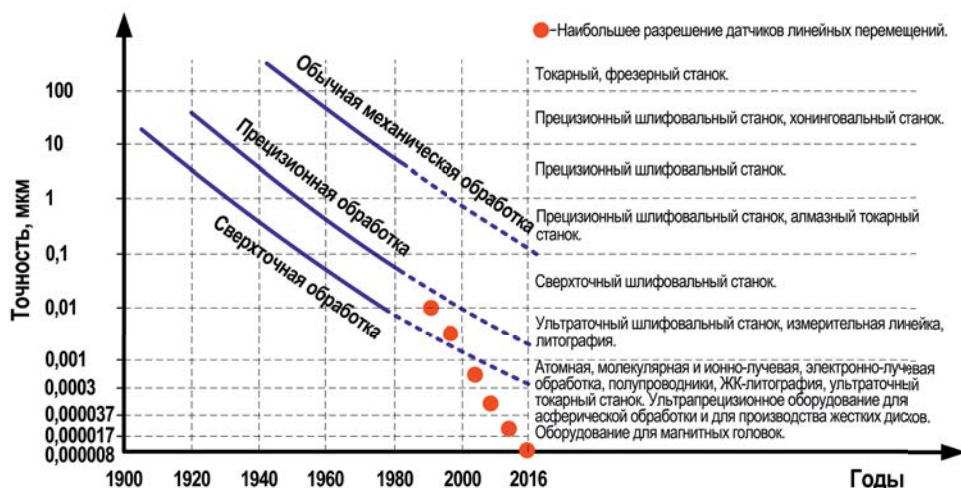


Рис. 6. Требования к разрешению измерительных линеек и видам обработки [5]

молета для удовлетворения стратегических потребностей национальной обороны. Требования к точности механической обработки и разрешающей способности датчиков линейных перемещений показаны на рис. 6.

## УЛЬТРАПРЕЦИЗИОННЫЕ СТАНКИ ДЛЯ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ

Прогресс в прецизионном производстве в значительной степени обусловлен астрономией. В современных системах оптических телескопов широко используются асферические оптические элементы с большой апертурой. Для получения изображений с высоким разрешением требуется высокая точность формы, а также низкая шероховатость поверхности Ra, менее 1 нм в диапазоне апертур в несколько метров. Например, первичным зеркалом большого телескопа является зеркало диаметром 8,2 м, при этом достигнутый уровень среднеквадратичных значений точности формы составил 18–43 нм и шероховатости поверхности 0,8–2 нм по всей апертуре [6].

Рациональные концепции сверхточных станков часто создаются при постановке и решении уникальных научных задач. Так, при создании телескопа E-ELT, который в ближайшее десятилетие станет крупнейшим наземным оптическим телескопом в мире, предлагается использовать ультрапрецизионный шлифовальный станок BOX (Big OptiX), спроектированный в начале 2000-х годов в Крэнфилдском университете (Великобритания) специально для производства сегментов зеркал [7]. Этот станок (рис. 7) разработан для производительного сверхточного шлифования крупногабаритной оптики произвольной формы в условиях серийного производства. Телескоп E-ELT, будет иметь главное зеркало 39 м шестиугольной формы, состоящее из 798 сегментов шестиугольной формы с номинальной шириной 1,2 м и толщиной 5 см [8, 9]. Представленные на рис. 8 фотографии иллюстрируют внешний вид зеркального сегмента и его древовидную систему опор. Зеркало телескопа должно приобрести параболическую форму, из-за чего форма отдельного сегмента зеркала в плане будет немного отличаться от идеального шестиугольника.

При проектировании сверхточного станка BOX в качестве приоритетных учитывались следующие эксплуатационные требования [7]:





**力同集团**  
LITONG GROUP

# Великолепное предложение LITONG WIRE CUT EDM-MS

Секретное оружие индустрии пресс-форм и штампов  
для создания идеальных форм

- WEDM-MS – идеальная модель для замены 70-80% прецизионных процессов обработки WEDM-LS
- Прецизионная электроэрозионная проволочная резка



**Wire Cut EDM Серия T**  
Модель «всё в одном» LTW32T



**Wire Cut EDM Серия A**  
Model LTW40A с замкнутым контуром сервопривода



**Wire Cut EDM Серия TB**  
Экологичная модель LTW32TB

Характеристики	Значения
Размер стола	700*490 MM
Координатные перемещения по осям X Y	400*320 MM
Координатные перемещения по осям U V	36*36 MM
Координатные перемещения по оси Z	250 MM
Оптимальная шероховатость поверхности	≤0.8 мкм
Макс. скорость обработки	260 (Cr12) мм <sup>2</sup> /мин

Характеристики	Значения
Размер стола	850*600 MM
Координатные перемещения по осям X Y	500*400 MM
Координатные перемещения по осям U V	36*36 MM
Координатные перемещения по оси Z	250 MM
Оптимальная шероховатость поверхности	≤0.8 мкм
Макс. скорость обработки	260 (Cr12) мм <sup>2</sup> /мин

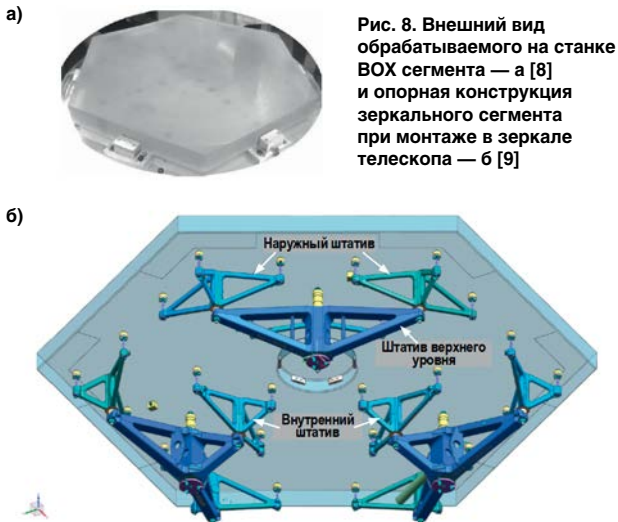
Характеристики	Значения
Размер стола	700*490 MM
Координатные перемещения по осям X Y	400*320 MM
Координатные перемещения по осям U V	36*36 MM
Координатные перемещения по оси Z	250 MM
Оптимальная шероховатость поверхности	≤0.8 мкм
Макс. скорость обработки	260 (Cr12) мм <sup>2</sup> /мин

**Требуется агент !**



**力同集团**  
LITONG GROUP

**Адрес:** No. 6518, Tingfeng Expressway, Fengjing Town, Jinshan District, Shanghai, China.  
**Моб.:** +86-139-2511-0868 **WhatsApp:** +86-139-2511-0868  
**Official Website:** www.ltwedm.com **Email:** sales027@hklitong.com



**Рис. 8.** Внешний вид обрабатываемого на станке ВОХ сегмента — а [8] и опорная конструкция зеркального сегмента при монтаже в зеркале телескопа — б [9]

- Производительное шлифование крупногабаритных стеклянных и керамических деталей.
- Высокая точность формы сложных произвольных поверхностей с низким уклоном.
- Минимальное поверхностное повреждение.
- Возможность серийного производства при минимальных затратах.

Основным критерием при проектировании станка ВОХ была определена высокая динамическая жесткость контура. По мнению авторов работы [7], динамические характеристики станков управляются двумя основными факторами: структурными характеристиками станка и динамической реакцией управления движением, связанной с основными подсистемами, т.е. с движущимися массами.

Поэтому на концепцию конструкции станка ВОХ сильно повлияла необходимость уменьшения величины движущейся массы при одновременном сведении к минимуму количества движений, стыков (подшипников) и элементов в напряженном контуре. Структурные испытания станка и FEA (анализ методом конечных элементов) были выполнены на ряде существующих систем машин до проведения FEA конкретных возможных структур для новой конструкции.

**Таблица 2**

Целевые показатели проектирования	Проектный результат	Результат испытаний станка	Результат исследований
1. Высокая динамическая жесткость контура. До 25 Гц: 100 Н/мкм по оси Z, 75 Н/мкм по оси X и Y. До 75 Гц: 75 Н/мкм по оси Z, 30 Н/мкм по оси X и Y.	Абсолютно минимальное количество активных движений минимальной массы. 1-й автоматический режим повторяется при трехкратном рабочем цикле шлифования.	—	—
2. Высокая статическая жесткость контура. 150 Н/мкм по оси Z. 75 Н/мкм в направлениях осей X и Y.	Минимизированные консоли, смещения, интерфейсы и использование компактных подшипников высокой жесткости.	Осевая жесткость шпинделя — 650 Н/мкм. Радиальная жесткость по центру круга — 220 Н/мкм. Осевая жесткость стола: в центре — 400 Н/мкм, на радиусе 500 мм — 300 Н/мкм. Радиальная жесткость на высоте 150 мм от поверхности стола — 200 Н/мкм.	—
3. Возможность получения сверхвысокой точности. Точность формы 1 мкм для поверхности 1 м. Глубина подповерхностного повреждения 2–5 мкм.	Высокая повторяемость движений благодаря терморегулированию, гидростатическим подшипникам, симметрии конструкции, минимизированным ошибкам параллакса (Abbé), компенсации/коррекции ошибок с помощью метрологической рамки и постпроцессорной измерительной системы.	Радиальное и осевое биение шпинделя — < 80 нм. Разрешение датчика угла поворота стола — 0,01 угл. сек. ~ 25 нм при радиусе 500 мм. Способ вращения стола — прямой привод. Водяное охлаждение ротора и статора. Радиальная погрешность перемещения на расстоянии 150 мм от поверхности стола — 0,5 мкм. Осевая погрешность перемещения в центре стола — 0,2 мкм. Осевая погрешность перемещения на радиусе 500 мм — 0,5 мкм.	Точность формы — < 1 мкм RMS. Поверхностное повреждение — < 5 мкм. Шероховатость — 100–200 нм. Данные производителя Zerodur.
4. Возможность массового производства деталей длиной 1–2 метра. Скорость съема до 200 мм <sup>3</sup> /с.	Специальная спецификация станка.	—	Время шлифования — 20 часов (10 часов на м <sup>2</sup> ); время измерения — ~ 4 часа; время загрузки — 1 час; скорость съема до 187,5 мм <sup>3</sup> /с [10].
5. Стоимость < 400 000 фунтов стерлингов.	Компактная модульная и масштабируемая конструкция станка.	—	—

PRECISE.  
POWERFUL.  
PRODUCTIVE.

kapp-niles.com

Рассмотрение работ [7–9, 11, 12] позволило провести анализ проектирования и оценить данные испытаний и эксплуатации сверхточного станка BOX. В **таблице 2** приведены целевые показатели и результаты проектирования, а также итоги испытаний и эксплуатации.

Концепция конструкции станка BOX, представляющего собой коробчатую форму, заключается в использовании компоновки подсистем высокой жесткости и высокой плотности, иными словами, его конструкция превращена в симметричную машину. Шлифовальный станок (**рис. 9 и 10**) имеет три оси: горизонтальная линейная ось X, поворотный стол — ось C, и шлифовальный шпиндель — ось Z. Шпиндель наклонен под фиксированным углом в  $20^\circ$ . Движения узлов по указанным осям позволяют выполнять следующие функции: операцию шлифования оптических компонентов произвольной формы, формирование профиля круга, правку, контроль износа круга, метрологию постобработки и компенсацию ошибок.

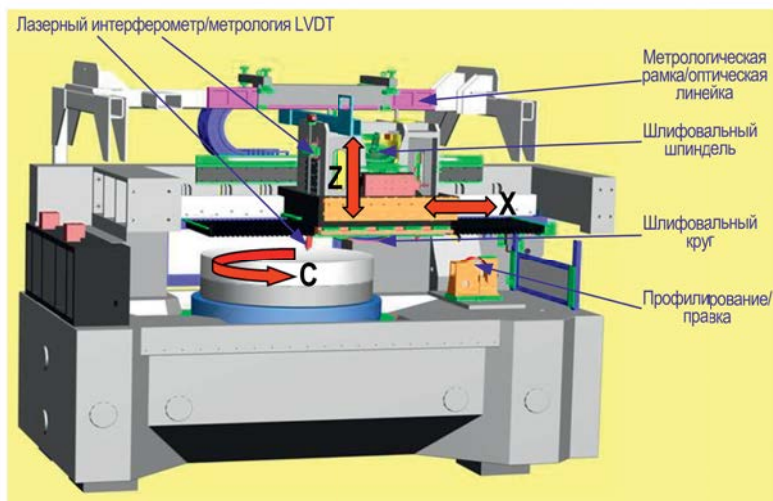


Рис. 9. Основные системы сверхточного станка BOX [12]

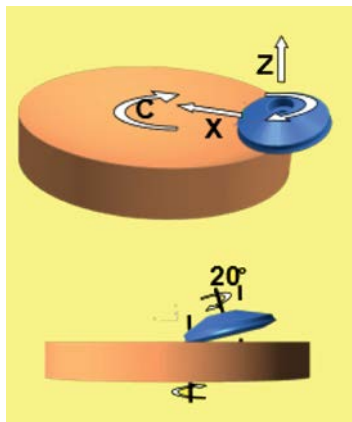


Рис. 10. Расположение осей станка BOX [12]

Низкая масса, движущаяся по оси Z, и высокая жесткость по этой же оси являются ключевыми элементами конструкции. Комбинированная каретка с осями Z и X имеет низкую движущуюся массу — менее 750 кг. Использование линейных двигателей с высокими техническими характеристиками, установленных по обе стороны от движущейся массы, позволяет достичь высокой частоты в 100 Гц [7]. Характеристики осей шлифовального станка BOX приведены в **таблице 3**.

Прямолинейность оси X была задана на уровне 5 мкм на длине 1350 мм с повторяемостью 100 нм и разрешением 10 нм с использованием

решеток Zerodur. Благодаря метрологии большая часть погрешности прямолинейности может быть компенсирована. Компенсация гарантирует достижение точности формы в один микрон. Гидростатические подшипники, обеспечивающие перемещение по оси Z, рассчитаны на высокую статическую жесткость более 100 Н/мкм. Повторяемость по вертикальной оси — 50 нм. Поворотный стол Nembrug управляется как ось вращения C. Моментный двигатель постоянного тока приводит в движение гидростатический шпиндель. Поворотный стол имеет погрешность вращения, заданную в разных положениях от его центра. Жесткость стола изменяется для разного радиуса от центра. Измеренная жесткость в центре составляет 1600 Н/мкм и 420 Н/мкм при радиусе 500 мм (Morantz et al., 2006). Данные по системам перемещения элементов станка BOX,

**Таблица 3**

Ось X		Ось Z		Ось C (шпиндель)		Шпиндель	
Перемещение, мм	Скорость, мм/с	Перемещение, мм	Скорость, мм/с	Крутящий момент, Нм	Скорость, об/мин	Мощность, кВт	Скорость, об/мин
1350	0...50	120	0...20	878...Макс.	0...25	10	100...2600

измерительным средствам, обеспечивающим обратную связь по положению, и достигаемые параметры точности движений представлены в **таблице 4**.

Занимаемая станком BOX площадь составляет примерно одну шестую, а масса равна приблизительно одной десятой части существующих традиционных технологических проектов [11].

Эксперименты по шлифованию проводились на станке BOX с использованием кругов с размерами зерен 76, 46 и 25 мкм. Достигнутая высокая скорость съема материала 187,5 мм<sup>3</sup>/с гарантирует, что оптика диаметром 1 метр может быть обработана менее чем за 10 часов [8]. Шероховатость и профиль поверхности измеряли с помощью Form Talysurf. Подповерхностные повреждения были выявлены с помощью процесса субапертурной полировки в сочетании с техникой травления. Результаты сравнивались с целевыми показателями и были равны: по точности формы 1 мкм P-V на участке длиной 1 метр, шероховатости поверхности 50–150 нм RMS и подповерхностным повреждениям в диапазоне 2–5 мкм. Этот этап процесса был проверен на 400-миллиметровой заготовке ULE® и 1-метровой шестиугольной детали Zerodur®.

Таким образом, следует констатировать, что в Крэнфилдском университете разработаны и прошли испытания эффективные процесс и оборудование для прецизионного шлифования крупногабаритной оптики, которые позволят реализовать крупнейший европейский проект — создание экстремально большого телескопа E-ELT.

Традиционно производство сверхточной оптики — трудоемкий процесс и скорее искусство, чем наука. Производители оптики всегда нуждались в квалифицированных кадрах. Обработка сложных, неосесимметричных поверхностей и поверхностей произвольной формы обычно требуют очень специализированных навыков, инструментов и процессов. Оборудование с ЧПУ позволяет выполнять работу быстрее с меньшим количеством инструментов и более низким уровнем квалификации персонала, чем традиционные подходы. При таком «цифровом производстве» время изготовления может быть значительно сокращено, технологический процесс хорошо выстроен, а детерминированный контроль, и производственные затраты значительно сокращены.

Развитие процессов и станков для ультрапрецизионной обработки связано с национальной безопасностью и передовыми технологиями, а это важная составляющая технологии будущего промышленного развития. Наши зарубежные партнеры придают большое значение развитию технологии производства сверхточных станков. Поэтому и нам необходимо сосредоточиться на решении задач по созданию и развитию современного прецизионного и сверхточного оборудования, разработке ключевых технологий аппаратного и программного обеспечения.

**В. К. Ермолаев, к.т.н.,  
технический эксперт ООО «Шлифовальные станки»  
vad1605@yandex.ru**

**Литература**

- Venkatesh V. C. Diamonds in Manufacturing. SME Student Chapter (UTM). Year Book. 1999.
- Jackson M. J. Microfabrication and Nanomanufacturing. CRC Press. 2006. P. 401.
- H. Shinno, H. Yoshioka and H. Sawano. A Framework for Systematizing Machine Tool Engineering. Int. J. of Automation Technology. Vol.7. No. 6. 2013. P. 760–768.
- <https://nanotechsys.com/>
- Z. Jiang, S. Yang. Precision Machines. Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2020. P. 609.
- Mueller R., Hoeness H., Espiard J., Paseri J. and Dierickx P. The 8.2-m primary mirrors of the VLT. Messenger 73. 1993. P. 1–8.
- Tonnellier X. Precision Grinding for Rapid Manufacturing of Large Optics. PhD thesis. Cranfield University. 2009.
- Tonnellier X., Shore P., Morantz P., Orton D. Surface quality of a 1m Zerodur® part using an effective grinding mode. Optical Fabrication, Testing, and Metrology III, edited by Angela Duparré, Roland Gey. Proc. of SPIE Vol. 7102, 71020B. 2008.
- Nijenhuis J., Hamelinck R., Braam B. The optomechanical performance prediction of thin mirror segments for E-ELT. Proceedings of SPIE — The International Society for Optical Engineering. 2012.
- P. Comley, P. Morantz, P. Shore, X. Tonnellier. Grinding Metre-Scale Mirror Segments for the E-ELT Ground Based Telescope. CIRP Annals — Manufacturing Technology 60 (1). 2011. P. 379–382.
- Shore P., Morantz P., Luo X., Tonnellier X. and etc. Big OptiX ultra precision grinding/measuring system. Published in SPIE Optical Systems Design. 2005.
- Morantz P., High Precision Grinding of Optics. A RIKEN/UPS2 International Workshop on Ultra-Precision Processes and Systems. Cranfield University.

**Таблица 4**

Оси	Система перемещений	Обратная связь по положению	Точность			
			Ошибка движения	Повторяемость	Разрешение	
Ось X	Гидростатические подшипники с двумя линейными двигателями	Две измерительные линейки Zerodur	Прямолинейность: 5 мкм по ходу движения		0,1 мкм	10 нм
Ось Y	Гидростатические подшипники с двумя линейными двигателями	Два линейных датчика положения	Прямолинейность: 2 мкм по ходу движения		0,05 мкм	10 нм
Ось C	Гидростатический шпиндель с установленным на валу моментным двигателем постоянного тока	Поворотная энкодерная система	Осевая	Радиальная	≤ ± 1 угл. сек. от поверхности стола	< 0,5 угл. сек
			≤ 0,2 мкм по центру ≤ 0,5 мкм на радиусе 500 мм	≤ 0,5 мкм на 150 мм		



HANN KUEN MACHINERY AND HARDWARE

[www.hardy-tw.com](http://www.hardy-tw.com)

## Шпиндели для сверления, фрезерования, нарезания резьбы



TAIWAN EXCELLENCE 2017

Дрель с сервоприводом / резьбарезная головка



Головка со встроенным двигателем фланцевого типа



Мотор-шпindel для нарезания резьбы с автоматической сменой инструмента (ATC) + СОЖ



TAIWAN EXCELLENCE 2020

Шпиндельная головка со встроенным электродвигателем



Сверлильный резьбарезной шпindel с сервоприводом



KZY-осевая шпиндельная головка с сервоприводом



TAIWAN EXCELLENCE 2020

Расточно-фрезерная головка с автоматической сменой инструмента (ATC)



Мультишпиндельная головка



Линейные направляющие по XY-осям



Центральный шпindel / подшипниковые направляющие



Стол на линейных направляющих по осям XYZ + фрезеровательная головка




3-кулачковый шпindel + слайдблок



**HANN KUEN MACHINERY AND HARDWARE CO., LTD.**  
 No. 22, Liou Shun Rd., East District, Taichung City 401, Taiwan  
 Tel.: +886-4-2486-0602 Fax: +886-4-2486-0605 E-mail: hann.kuen@hardy.com.tw https://www.hardy-tw.com





LINE ID: hann.kuen




## Вертикальные фрезерные станки с ЧПУ

- Всегда впереди
- Жесткая конструкция
- Превосходная производительность
- Гарантия качества
- Максимум производственных возможностей


Все машины спроектированы и изготовлены на Тайване





**GSM-2000F**




**GSM-3000S**



**GENG-SHUEN CO., LTD.**  
 E-mail: genshu@ms55.hinet.net http://www.gsm-cnc.com.tw



# hyperMILL®

VIRTUAL Machining

## hyperMILL® VIRTUAL Machining – безопасность прежде всего!

Переместитесь в будущее прямо сейчас и поднимите свое производство на новый уровень! С hyperMILL® VIRTUAL Machining компания OPEN MIND воплотила в жизнь свое видение идеального слияния виртуального и реального мира: новое измерение для постпроцессоров и технологии моделирования для производства будущего.



 **OPEN MIND**  
THE CAM FORCE

We push machining to the limit

[www.openmind-tech.com](http://www.openmind-tech.com)

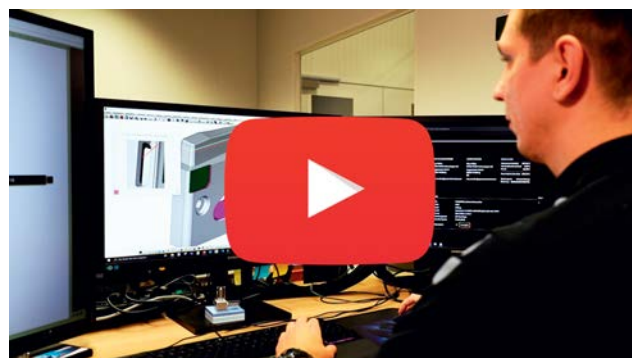
## hyperMILL® AUTOMATION CENTER

«С ростом производительности станков и инструментов CAM-программирование все чаще становится узким местом технологической цепочки, — объясняет Рико Мюллер, руководитель проекта по CAD/CAM-автоматизации в компании OPEN MIND. — Предприятия ищут решения, позволяющие повысить эффективность CAM-программирования и автоматизировать процессы. Даже при обработке сложнейших и многообразнейших деталей есть множество повторяющихся операций, которые можно стандартизировать. hyperMILL® уже давно содержит такие функции стандартизации, как база данных инструментов, распознавание фитчеров и макросы. Они все чаще используются для автоматизированного CAM-программирования в разных отраслях».

### ОТ СТАНДАРТИЗАЦИИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ К АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ

В ПО hyperMILL® AUTOMATION Center, которое поставляется в стандартной комплектации, уже сейчас можно автоматизировать процесс создания списков заданий, выбирать и позиционировать зажимные устройства, а также унифицировать процесс программирования. Расширенная версия позволяет определять и стандартизировать также и сложные процессы. Особое внимание уделяется элементам, которые могут содержать CAD-модель. Определяются этапы подготовки данных и программирования, вплоть до моделирования и создания программ ЧПУ. Сначала определяется процесс изготовления, а затем он применяется к новым деталям и выполняется автоматически. Решения, которые автоматика не может принять однозначно, принимаются пользователем во время выполнения программы. При этом он интерактивно управляет отдельными технологическими операциями и программирует задачи обработки, тратя на это лишь малую часть того времени, которое требовалось раньше.

«Когда клиенту предоставляется возможность создавать собственные решения автоматизации, его сотрудники начинают лучше ориентироваться в программировании, — заверяет Рико Мюллер. — Во-первых, мы отмечаем, что пользователи hyperMILL®, которых интересует автоматизация, по-новому смотрят на собственные производственные процессы. Клиенты критически оценивают процессы и стремятся их оптимизировать. Во-вторых, автоматизация позволяет задать простые операции, такие как вставка зажимов или программирование отверстий, уже в самом начале. Это уменьшает объем



Доступные видеоматериалы на YouTube-канале:  
<https://youtu.be/5dtmYFaGjzQ>

рутинной работы и освобождает время для оптимизации решения других, более сложных задач».

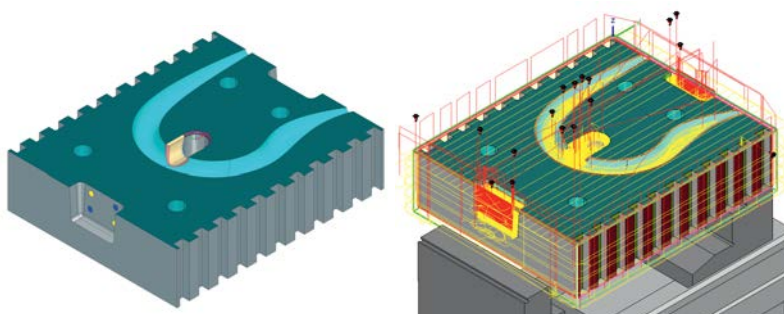
### PROBING: ИЗМЕРЕНИЕ НА СТАНКЕ С ЧПУ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

hyperMILL® PROBING — оптимальное решение CAM для программирования операций измерения и контроля непосредственно на станке. Позволяет сократить время обработки, обеспечивая при этом высокое качество деталей. Хорошая работа интерфейса между программистом CAM и оператором станка очень важна для надежного производства. Но здесь приходится сталкиваться со многими проблемами, такими как неправильный зажим, неточность формы заготовок или ошибки в управлении станком. Необходимость ручного вмешательства и вызванный этим простой станка часто отнимают много времени и увеличивают продолжительность рабочего цикла. hyperMILL® PROBING позволяет эффективно и в автоматизированном режиме обойти эти препятствия благодаря измерениям, которые проводятся в ходе технологического процесса.

Измерительное решение от OPEN MIND рассчитано на применение в ходе всего цикла обработки на станках с ЧПУ. Его можно использовать уже при установке заготовки, когда задается нулевая точка в измерительных системах, или для оптимального размещения заготовки.

Деталь зажата оптимально, размеры заготовки проверены. Интегрированные в технологический процесс измерения особенно важны во время обработки на станке с ЧПУ: они позволяют на раннем этапе выявлять производственные дефекты и реагировать на них, например, в случае отклонений размеров от заданных значений после черновой или предварительной чистовой обработки.

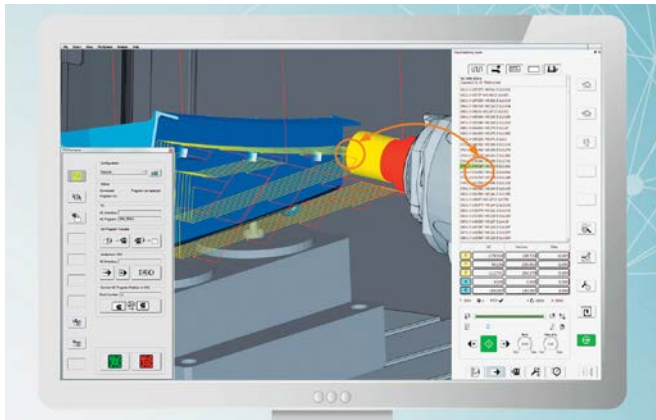
Прежде чем снять деталь со станка, производится проверка детали в первоначальном положении зажима. После чистовой обработки деталь служит основой для сравнения фактической геометрии с заданной CAD-геометрией. Контактные зонды позволяют измерить многие характеристики на станке, что может сократить дополнительную рабочую операцию на измерительной машине. В результате при сохранении гарантированного качества сокращается цикл обработки.



hyperMILL® Automation Center Advanced: автоматизация от CAD до программы ЧПУ

### hyperMILL® VIRTUAL Machining — ИДЕАЛЬНОЕ СЛИЯНИЕ ДВУХ МИРОВ, ВИРТУАЛЬНОГО И РЕАЛЬНОГО

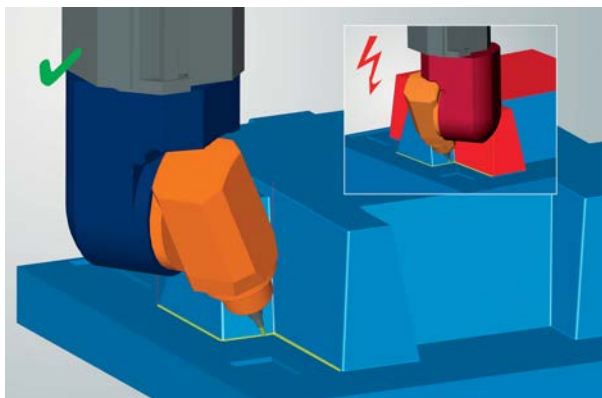
Чтобы приспособиться к растущей сложности изготавливаемых деталей и к постоянному давлению, связанному с жесткими сроками, производители пытаются оптимизировать свои производства и ищут пути для более эффективного использования станков и сокращения времени простоев и количества брака. Приложение *hyperMILL® VIRTUAL Machining*, выполняющее моделирование на основе кодов УП, является одним из самых эффективных решений, призванных помочь таким предприятиям.



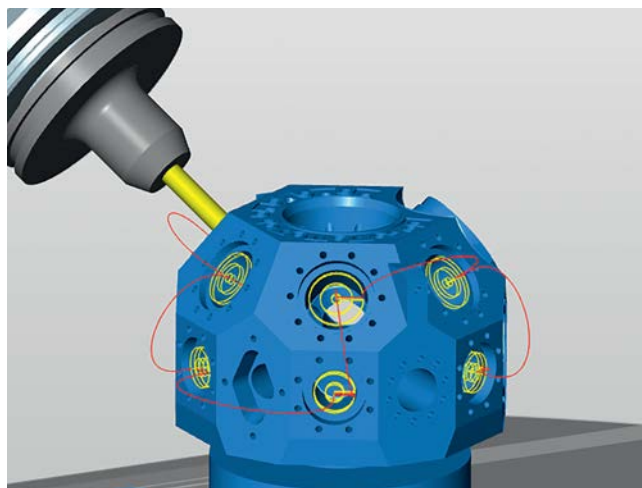
*hyperMILL® VIRTUAL Machining*: модуль *Optimizer* анализирует целые последовательности обработки с учетом ограничений осей

Обмениваясь данными с контроллером, приложение может с высокой точностью воспроизводить реальные процессы, что позволяет оценить качество обработки и оптимизировать производство еще до начала работ на станке. Программа включает три модуля: *Center*, *Optimizer* и *CONNECTED Machining*. Вместе с CAM-пакетом *hyperMILL®* это решение существенно увеличивает эффективность инструментальных станков.

Компания OPEN MIND предлагает *Optimizer*, дополнительный модуль решения для моделирования *hyperMILL® VIRTUAL Machining*, позволяющий улучшить качество программ ЧПУ с учетом кинематики станка. Обработка моделируется на цифровом двойнике, что обеспечивает оптимальную безопасность при выполнении сложнейших операций 5-осевой обработки с использованием альтернативных вариантов зажима и установки инструмента.



Модуль *Optimizer* автоматически находит оптимальные параметры установки инструмента, исключающие столкновения



Оптимизированные движения врезания значительно сокращают время выполнения вспомогательных операций

При многоосевой обработке модуль *hyperMILL® VIRTUAL Machining Optimizer* автоматически находит оптимальные с технической точки зрения параметры установки инструмента с эффективными траекториями движения. Это позволяет избежать ошибок, которые возникают, например, при ручной оптимизации положения осей. Из-за сложности многоосевой обработки трудно определить влияние положения осей на все последующие этапы обработки и достичь оптимума. С помощью мощных алгоритмов оптимизации модуль *hyperMILL® VIRTUAL Machining Optimizer* анализирует целые последовательности обработки, учитывая при этом ограничения осей. Таким образом, модуль *Optimizer* позволяет избежать изменений положения осей, которые отнимают много времени, и обеспечивает экономичность и надежность работы станка.

#### О компании OPEN MIND Technologies AG

OPEN MIND Technologies AG является одним из самых востребованных в мире производителей высокоэффективных CAM-решений для программирования оборудования с ЧПУ любой сложности.

Решения OPEN MIND очень удобны и включают целый спектр инновационных технологий, позволяющих повысить эффективность программирования и последующей фрезерной обработки. *hyperMILL®* — среда для подготовки программ ЧПУ, включающая стратегии 2,5D-, 3D-, 5-осевого фрезерования, фрезерно-токарной обработки, HSC и HPC. Благодаря совместимости практически со всеми CAD-решениями и высокой степени автоматизации программирования *hyperMILL®* позволяет решать практически любые задачи.

Согласно отчету «NC Market Analysis Report 2020» от CIMdata, OPEN MIND входит в пятерку крупнейших мировых производителей CAD/CAM-решений. Системы CAD/CAM от OPEN MIND способны удовлетворить высочайшие требования автомобильной, аэрокосмической и машиностроительной промышленности, находят применение при изготовлении инструментов, пресс-форм и медицинского оборудования. OPEN MIND имеет широкую сеть филиалов в Азии, Европе и Северной Америке, входит в группу компаний Mensch und Maschine.

Главный офис:  
OPEN MIND Technologies AG, Argelsrieder Feld 5, 82234  
Weßling, Германия

Обратная связь  
Тел.: +49 5258 210980 / +7 499 9183218  
Факс: +49 5258 21098-49  
Эл./почта: [Info.Russia@openmind-tech.com](mailto:Info.Russia@openmind-tech.com)  
[www.openmind-tech.com/ru](http://www.openmind-tech.com/ru)





# HYDRAULIC PRESS MANUFACTURER



SINCE 1976

## In-House Design and Manufacturing

From 30 to 6,000 tons, one press or an industry-4.0-tandem-line, DEES provides "turn-key" solutions from design to manufacturing.



**AGENT WANTED**

**MADE IN TAIWAN**



**DEES HYDRAULIC INDUSTRIAL CO., LTD.**

HEAD OFFICE: TAIPEI, TAIWAN PHONE: +886 2 2601 8661

E-mail: sales@spc.com.tw website: www.deesgroup.com.tw

Copyright ©2021 DEES Hydraulic Industrial Co., Ltd. All Rights Reserved



# НТЦ «ИНЭЛСИ»: ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ ЧПУ INTNC PRO В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В СТАТЬЕ ОПИСЫВАЮТСЯ ОСОБЕННОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ВЫПУСКАЕМОЙ СИСТЕМЫ ЧПУ INTNC PRO. ПРЕДСТАВЛЕНЫ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ВНЕДРЕНИЯ НА РАЗЛИЧНОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ. РАССМОТРЕНЫ СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, РЕАЛИЗОВАННЫЕ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРОЕКТОВ. ПОКАЗАНО, ЧТО ЗАЛОЖЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ПОЗВОЛЯЮТ ЭФФЕКТИВНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ РАЗРАБОТАННУЮ СЧПУ ДЛЯ САМОГО ШИРОКОГО КЛАССА ПРИМЕНЕНИЙ.

Отечественная модульная цифровая система ЧПУ IntNC PRO производства НТЦ «ИНЭЛСИ» предназначена для оснащения токарных, фрезерных, координатно-расточных станков, обрабатывающих центров машиностроительных предприятий общего назначения и специализированных станков.

К преимуществам системы ЧПУ IntNC PRO относятся:

- отечественная платформа аппаратных и программных средств;
- современная открытая архитектура;
- модульный принцип построения;
- платформонезависимость разработанного ПО;
- поддержка широкого спектра оборудования;
- собственное производство всех основных компонентов СЧПУ;
- комплектность изготовления и поставки всех базовых компонентов;
- оптимальное соотношение цена/качество.

СЧПУ IntNC PRO является комплектной системой, в состав которой входят:

- модульные блоки управления IntServo 4/8/12/16/20/24/28/32 осей;
- модельный ряд цифровых сервоусилителей IntAmp 2/5/11/15/22/30/45 кВт;
- программный логический контроллер ПЛК;
- набор тормозных модулей IntBR;
- различные модификации пультов оператора IntOP;
- комплект периферийных модулей ввода/вывода IntDIO, IntRL, IntAIO, IntFastDIO;
- цифровые интерфейсы связи и управления IntLink, IOLink, FastLink, Ethernet;
- широкий набор технологического ПО (200 шаблонов,



Рис. 1. Внешний вид основных компонентов СЧПУ

измерительные циклы детали и инструмента, 5-осевая обработка, шлифовальные циклы и др.);

- развитое терминальное программное обеспечение (более 120 экранов);
- средства конфигурирования, разработки и отладки (ПЛК-редактор, конфигуратор интерфейсов, среда диагностики и автонастройки приводов).

Все схемотехнические и программные решения реализованы в НТЦ «ИНЭЛСИ» и защищены патентными правами. Разработанная система ЧПУ прошла длительный период апробации более чем на 25 промышленных предприятиях различных отраслей промышленности.

Система ЧПУ IntNC PRO является производимой в России комплектной модульной цифровой платформой, что подтверждается заключением Минпромторга РФ в соответствии с постановлением правительства РФ № 719.

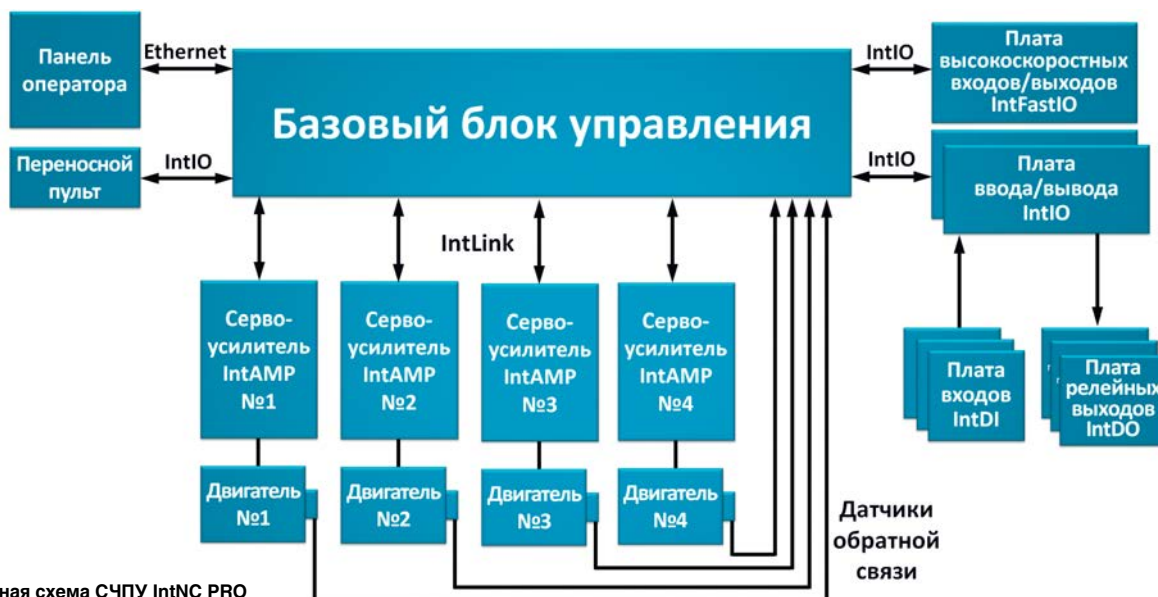


Рис. 2. Структурная схема СЧПУ IntNC PRO

В последнее время вектор работ НТЦ «ИНЭЛСИ» ориентирован на замену импортных систем ЧПУ типа Siemens, Fanuc, Heidenhain на современных металлорежущих станках импортного производства.

### 1. 5-осевой вертикально-фрезерный обрабатывающий центр KBCMB184M5 (АО «КЭМЗ»)



Рис. 3. 5-осевой вертикально-фрезерный центр KBCMB184 M5 с ЧПУ IntNC PRO



Рис. 4. Моноколесо (импеллер)

Вертикально-фрезерный обрабатывающий центр KBCMB184M5 (рис. 3) с возможностью 5-осевой обработки предназначен для изготовления сложных, объемных поверхностей деталей из стали, жаропрочных материалов и алюминиевых сплавов. На станке выполняются фрезерные, сверлильные, резьбонарезные и расточные операции.

На станке была произведена замена системы ЧПУ Heidenhain iTNC530 HSC1 и установлен наклонно-поворотный стол фирмы HIWIN. Высокоскоростной шпиндель позволяет вести обработку на скоростях до 15000 об/мин.

Для изготовления детали типа моноколесо (рис. 4) были реализованы следующие функции 5-осевой обработки:

- 5-осевая интерполяция с учетом кинематики станка в любой конфигурации поворотных осей;
- произвольное задание рабочей зоны с привязкой к станку или поворотному столу;
- задание траектории перемещений через поворотные оси или вектор ориентации инструмента и/или вектор нормали к поверхности;
- 3D-коррекция формы, ориентации и длин инструмента;
- пространственные преобразования (сдвиг, поворот и масштабирование) координатной системы детали;
- сопряжение кадров с допустимым отклонением от траектории, с постоянным временем перехода/с постоянным радиусом/с постоянным ускорением;
- контроль зарезов при 2D/3D-коррекции;
- управление центром инструмента и точкой резания;
- интерполяция положения поворотных осей при изменении ориентации инструмента при движении;
- компенсация смещений наклонно-поворотного стола;
- отображение координат/скоростей подачи с учетом кинематики станка.

### 2. Токарно-фрезерный 8-осевой обрабатывающий центр модели KTC 4000 (АО «КЭМЗ»)

Токарно-фрезерный обрабатывающий центр KTC модели 4000 (рис. 5) предназначен для выполнения расточных, сверлильных, резьбонарезных, зубонарезных, долбежных и фрезерных работ на заготовках весом до 200 кг и длиной до 750 мм с помощью токарного и осевого инструмента.

Преимущество обрабатывающих центров серии KTC 4000 — увеличенная мощность фрезерования и инструментальный магазин типа револьвер на 12 позиций с приводным инструментом. Максимальная скорость вращения инструмента 6000 мин<sup>-1</sup>. Мотор-шпиндель имеет максимальную мощность 22 кВт и скорость вращения 4200 об/мин. Скорость рабочих подач до 30 м/мин. Станок оснащен вспомогательным шпинделем мощностью 11 кВт и скоростью вращения 6000 об./мин.

На станке произведена замена системы ЧПУ Fanuc 32i. К основным особенностям реализации СЧПУ следует отнести:

- кинематические вычисления, связанные с наличием оси Y с углом наклона 30 градусов;
- динамический расчет зоны ограничений;
- переключение координатной системы при обработке в шпинделе и протившпинделе;
- функции синхронизации шпинделя и протившпинделя и перехвата детали;
- переключение звезда/треугольник для шпинделей;
- две независимых системы измерения инструмента;
- контроль состояния инструмента;
- механизм работы на упор;
- возможность конфигурирования опций станка.



Рис. 5. 8-осевой токарно-фрезерный центр KTC 4000

### 3. Вертикально-фрезерный 4-осевой обрабатывающий центр ФОТОН Ф5 (ООО «ПЗМЦ»)

Вертикальный фрезерный обрабатывающий центр ПЗМЦ ФОТОН Ф5 (рис. 6) обеспечивает высокоточное чистовое, черновое фрезерование, плунжерное фрезерование, сверление отверстий, растачивание и резьбонарезание заготовок весом до 500 кг. Цифровой привод шпинделя мощностью 15 кВт обеспечивает скорость вращения до 10000 об/мин. Количество одновременно управляемых по программе координатных осей — 4.

Особенности установки СЧПУ IntNC PRO на вертикальном фрезерном станке Фотон Ф5:

- полная совместимость в рамках функциональности станка с установленной ранее системой ЧПУ Fanuc 0i;
- поддержка 3+1 обработки;
- поддержка постпроцессора Fanuc (диалект В);
- системы измерения инструмента и детали с автоматическими и ручными циклами привязки.



Рис. 6. Вертикальный фрезерный обрабатывающий центр ПЗМЦ ФОТОН Ф5

### 4. Токарно-фрезерный обрабатывающий центр MaXTurn 65EMU (ООО «Эмко-Рус»)

Токарно-фрезерный обрабатывающий центр MaXTurn 65EMU (рис. 7) предназначен для комплексной обработки деталей вращения типа вал, фланец посредством выполнения различных видов токарных и фрезерных работ, в том числе для обработки прутковых заготовок диаметром от 6 мм до 65 мм. Наличие оси С и приводного инструмента позволяет обрабатывать детали, требующие фрезерной обработки. Опциональный противощпиндель и ось Y позволяют расширить технологические возможности станка.

В рамках реализованного проекта была произведена замена СЧПУ Siemens Sinumerik 828D.

Особенности MaXTurn 65EMU:

- главный шпиндель и противощпиндель;
- интеграция оси Y в конструкцию станка;
- 12-позиционная револьверная головка с двунаправленным логическим управлением;
- приводной фрезерный и сверлильный инструмент;
- обучаемый зажимной механизм детали с измерением и отображением положения кулачков патрона;
- обучаемый механизм управления задней бабкой с измерением и отображением координат;
- измерение и привязка инструмента с помощью датчика фирмы Marpos;
- наличие барфидера.

Рис. 7. Токарно-фрезерный обрабатывающий центр MaXTurn 65EMU



### 5. Полуавтомат круглошлифовальный ЗК152ВФ20 (ПАО «Автодизель»)

Станок ЗК152ВФ20 (рис. 8) предназначен для наружного шлифования цилиндрических и пологих конических поверхностей ступенчатых валов методом врезного, строчного и продольного шлифования в полуавтоматическом цикле. Класс точности станка по ГОСТ 8–82-В. Наибольший диаметр обрабатываемой детали составляет 200 мм, наибольшая длина — 1000 мм. Результатом проведенной модернизации стала замена системы ЧПУ, сервоприводов, двигателей и шкафа управления.

Особенности модернизации СЧПУ на станке ЗК152ВФ20:

- полная замена всего электрооборудования;
- использование для приводов подач стандартных асинхронных двигателей;
- разработка технологических циклов для торцевокруглошлифовальных станков;
- наличие приборов активного контроля диаметра обрабатываемой детали;
- динамический пересчет привязки детали и размеров шлифовального круга;



Рис. 8. Полуавтомат круглошлифовальный ЗК152ВФ20 с СЧПУ IntNC PRO

- использование прибора осевой ориентации;
- ограниченное число шеек шлифования;
- контроль и адаптивное управление мощностью двигателя шлифовального круга.



Рис. 9. Станок для намотки углеродной нити



Рис. 10. Узел намотки

### 6. Станок для намотки нитевидных материалов (АО «ВПО «Точмаш»)

Станок для намотки нитевидных материалов с большими натягами (рис. 9, 10) предназначен для намотки на изделие конструктивных армирующих нитевидных материалов, в т.ч. углеродных нитей. Станок обеспечивает намотку нитевидных материалов по программе с изменяемыми натягами на заданных участках с автоматической обработкой точек реверса, автоматическим учетом удлинения изделия и отображением на экране монитора бросков по натягу в процессе намотки. Система управления станка обеспечивает натяг нити, осевое усилие зажатия изделия, учет его удлинения и позонное регулирование температуры.

В разработанной системе управления реализованы следующие основные функции:

- специальный цикл намотки углеродной нити;
- канал регулирования натяжения нити;
- канал регулирования усилия поджима изделия с компенсацией удлинения изделия;
- специализированный терминал с отображением технологических параметров;
- позонный контроль температуры сырья и готового изделия;
- специальные меры защиты от углеродной пыли.

### 7. Шестиосевой антропоморфный манипулятор RM-01 (МАДИ технический университет)

Система IntNCR является одной из первых отечественных цифровых систем управления манипуляционным роботом и предназначена для работы с любыми типами роботов с числом осей до 12. Целью выполняемой работы являлись разработка, изготовление и внедрение современной системы управления 6-осевым роботом RM-01 (рис. 11) взамен устаревшей системы управления «Сфера-36». Система IntNCR (рис. 12) соответствует современным промышленным требованиям к системам управления манипуляционными роботами и обеспечивает удобный пользовательский интерфейс и возможности взаимодействия с оборудованием.

В системе реализованы следующие основные режимы:

- ручной режим управления;
- программный режим;
- режим обучения робота;
- режим отработки без технологии (проверка траекторных движений);
- режим-калибровка;
- покадровый режим;
- возврат в потерянную точку;
- исходное положение (обнуление координат).

Из основных задач, решаемых в системе управления, следует отметить:

- расчет прямой и обратной задач кинематики в аналитической форме или с использованием векторно-матричных операций;
- компенсация динамических возмущений в реальном времени (динамическая модель);
- программирование в различных системах координат манипулятора;
- линейная, круговая и сплайновая интерполяции;
- ограничение рабочей зоны в системе координат манипулятора и/или геометрических координатах;
- написание управляющей программы на языке IntLANG (С-подобном языке) или в формате G-Code;
- реализация служебных программ ПЛК на С-подобном языке и/или в формате FBD/LD;



Рис. 11. Манипулятор RM-01



Рис. 12. Система управления IntNCR

- средства синхронизации выполнения управляющей программы с внешними событиями;
- режим адаптивного управления;
- специализированный терминал.

Для написания управляющих программ был разработан язык программирования IntLANG, предоставляющий удобный набор средств описания движения, разработки подпрограмм, а также алгоритмического программирования. По своим возможностям он сопоставим с языками программирования, используемыми в РТК ведущих производителей. Средства языка позволяют использовать его для написания сложных высокоуровневых программ. При программировании на языке IntLANG используются словесные команды, цифровые данные. Система управления дает возможность создания сложных программ и внесения изменений в уже существующие. Средства языка позволяют вести разработку в различных системах координат (мировой, инструмента, пользовательской), вводить в программы ветвления, осуществлять преобразования координат во время исполнения программы, а также исполнять пользовательские функции и подпрограммы.

## 8. Лазерный технологический комплекс модели ЛК-5В (ООО «Термолазер»)



Рис. 13. Внешний вид ЛК-5В

Лазерный технологический комплекс модели ЛК-5В (рис. 13) предназначен для термоупрочнения наружных и внутренних поверхностей деталей без их оплавления, без изменений геометрических размеров и шероховатости. Комплекс в своем составе имеет дополнительно съемный поворотный стол с закрепленным на его планшайбе трехкулачковом патроном и заднюю бабку. Термоупрочнение поверхностей деталей реализуется за счет технологии локального лазерного упрочнения путем перемещения пятна лазерного излучения многоканального CO<sub>2</sub>-лазера относительно поверхности обрабатываемой детали. Перемещение пятна лазерного излучения относительно обрабатываемой детали производится с использованием трех линейных и двух круговых координат.

К основным особенностям реализованной системы управления IntNC PRO (рис. 14) относятся:

- интерполяционное управление 6-ю осями и подачей сварочной проволоки;
- управление компенсатором;
- функция сканирующего луча;
- оригинальный интерфейс оператора;
- специализированный набор G-функций;
- специализированный модуль обмена данными с лазерной установкой.



Рис. 14. Шкаф управления ЛК-5В

## 9. Специальный ткацкий станок СТБ ТС2-220 (ВТО «Текстильмаш»)

Специальный ткацкий станок СТБ-220 (рис. 15) предназначен для выработки многослойных (до 80 мм толщиной) технических тканей со сложным переплетением. В составе станка реализовано управление ремизной кареткой на 16 рам с индивидуальным управлением, главным валом, товарным регулятором, двумя регуляторами основы и кромкорасправителями.



Рис. 16. Система управления СТБ ТС2-220

Особенности вновь разработанной системы управления (рис. 16):

- общее количество одновременно управляемых осей — 24 шт.;
- синхронно-синфазное с главным валом управление 16-ю ремизными рамами;
- реализация закона Шуна для управления движением ремиз;
- высокодинамичное движение механизмов при скоростях до 200 м/мин;
- управление вспомогательными механизмами ткацкого станка;
- динамическое изменение циклограммы работы станка;
- управление плотностью вырабатываемой ткани;
- два канала регулирования натяжения основы;
- специальный интерфейс оболочки пульта управления станком;
- наличие редактора раппорта переплетения и программы ткачества.



Рис. 15. Внешний вид ткацкого станка

Приведенные примеры реализованных проектов показывают, что СЧПУ серии IntNC PRO способны эффективно решать задачи как создания нового перспективного оборудования, так и технического перевооружения и модернизации существующего станочного парка.

По результатам выполненных работ можно сделать вывод, что разработанный комплект СЧПУ IntNC PRO позволяет достигнуть высокой производительности, скорости, точности и качества обработки, а также обеспечить максимальную надежность работы, технологическую независимость от оборудования сторонних производителей и информационную безопасность при использовании системы.

**ИНЭПСИ**

НТЦ «ИНЭПСИ»  
153007, г. Иваново,  
ул. 1-я Минеевская, д. 3А  
тел.: 8 (4932) 269752, 269703  
info@inelsy.com, www.inelsy.ru

ВПЕРВЫЕ В РОССИИ

3

ГОДА  
ГАРАНТИЯ

Лазерные  
источники  
производства  
HAN'S LASER

HAN'S LASER SYSTEM INSIDE

**HAN'S LASER**  
Smart Equipment Group

Приглашаем  
на стенд

Выставка  
МЕТАЛЛООБРАБОТКА  
24-28 мая 2021  
ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»  
павильон 8, зал 2

**СТЕНД 82В60**



Раскрой **МЕДИ**  
и других металлов  
толщиной  
до 25 мм

Улучшенное качество резки на высоких скоростях  
Дополнительная защита от обратного отражения  
Минимальная вероятность просадки мощности  
за период эксплуатации

**СТМ**

Официальный дистрибьютор Han's Laser в России  
8 800 550 04 69 | [hanslaser.stm-ru.ru](http://hanslaser.stm-ru.ru) | [hanslaser@stm-ru.ru](mailto:hanslaser@stm-ru.ru)

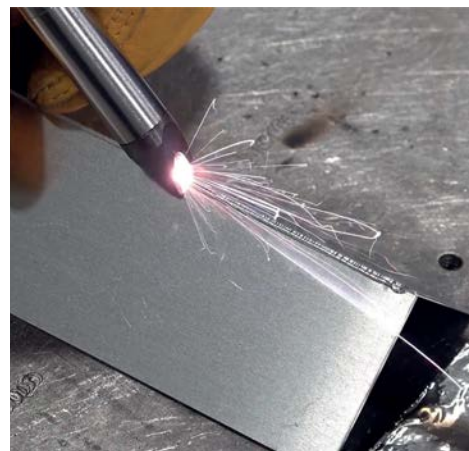
# LightWELD 1500 — КОМПАКТНАЯ И ПРОСТАЯ СИСТЕМА РУЧНОЙ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ ОТ ООО «ИРС»

При использовании традиционных методов MIG- и TIG-сварки любой производитель зачастую сталкивается с низким качеством сварного шва, недостаточной компетенцией сварщиков, большими временными затратами и другими проблемами, решить которые поможет компания ООО «Интеллектуальные робот системы», предложив вам революционную компактную систему ручной лазерной сварки LightWELD 1500.



## МОЩНОСТЬ ЛАЗЕРА

LightWeld имеет возможность быстрой регулировки лазерной мощности от 150 Вт до 1500 Вт, а для проплавления высокоотражающих материалов LightWELD 1500 обладает импульсным режимом с пиковой мощностью до 2500 Вт.



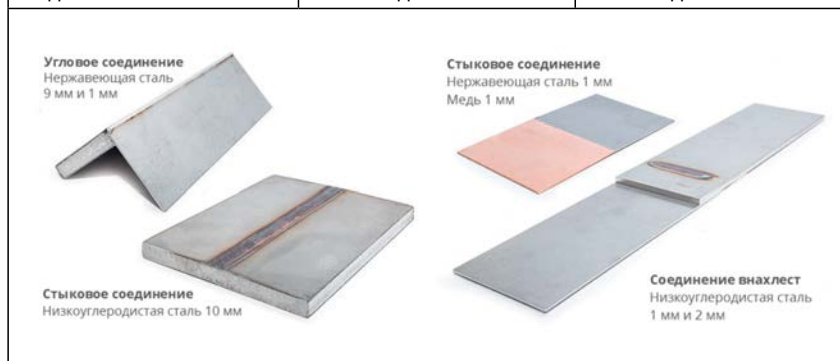
## СВАРИВАЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ

С помощью LightWELD возможна сварка толстых, тонких, разнородных высокоотражающих металлов, что трудно или невозможно осуществить традиционными методами сварки. Также возможна сварка металлов с различной электропроводностью. При необходимости увеличения толщины свариваемых заготовок имеется возможность подключения модуля подачи присадочной проволоки.

## БЫСТРЕЕ ТРАДИЦИОННЫХ МЕТОДОВ СВАРКИ

Отличительной чертой LightWeld является ее высокая скорость: до 4 раз быстрее TIG-, и до 1,5 раз быстрее MIG-сварки. Система проще в освоении и эксплуатации, а также обеспечивает более качественные и стабильные результаты. Коробления, деформации, подрезы и прожоги сведены к минимуму за счет существенно меньшей зоны термического влияния. Свариваемые детали практически не требуют подгонки и постобработки, что повышает производительность и снижает затраты.

Металл	Толщина свариваемых компонентов	
	Односторонняя сварка	Двусторонняя сварка
Нержавеющие стали	до 4 мм	до 10 мм
Оцинкованная сталь	до 4 мм	до 10 мм
Низкоуглеродистые стали	до 4 мм	до 10 мм
Алюминиевые сплавы	до 4 мм	до 10 мм
Медь	до 1 мм	до 2 мм





	Традиционные технологии сварки	Технология LightWELD
Скорость	Средняя	До 4 раз быстрее, чем TIG
Качество	Зависит от опыта сварщика	Стабильные высококачественные результаты
Освоение	В несколько этапов	Быстро и просто
Гибкость в выборе материала	Ограниченная, требует переналадки	Широкий диапазон материалов без переналадки
Коробление и деформации	Высокие значения	Незначительные
Зона термического влияния	Большая	Малая
Сварка с осцилляцией (качанием) луча	Недоступна	Доступна — расширение шва до 5 мм



### ТЕПЕРЬ НЕ НАДО БЫТЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМ СВАРЩИКОМ

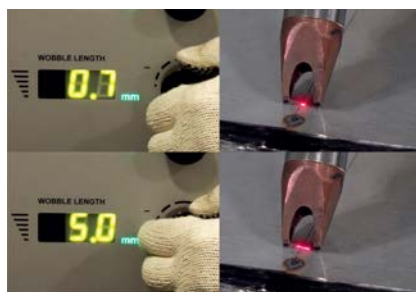
Предустановленные режимы сварки позволяют быстро переключаться при работе с различными материалами и толщинами, обеспечивая бесперебойный процесс сварки на рабочем месте и увеличивая производительность. Для большей оптимизации опытные операторы могут создавать и сохранять свои персональные режимы сварки, а новички — использовать уже сохраненные режимы для достижения высокого результата.



### КОМПАКТНОСТЬ И УДОБСТВО В ЭКСПЛУАТАЦИИ

LightWELD 1500 оснащен воздушно-охлаждаемой лазерной системой, что позволяет отказаться от использования громоздких чиллеров. Сварочный пистолет компактный и эргономичный, имеет небольшой

вес и позволяет операторам варить качественные сварные швы в течении всей рабочей смены с безопасным включением лазера. Простота системы и интуитивно понятное подключение позволяют быстро приступить к работе как новичкам, так и опытным сварщикам.

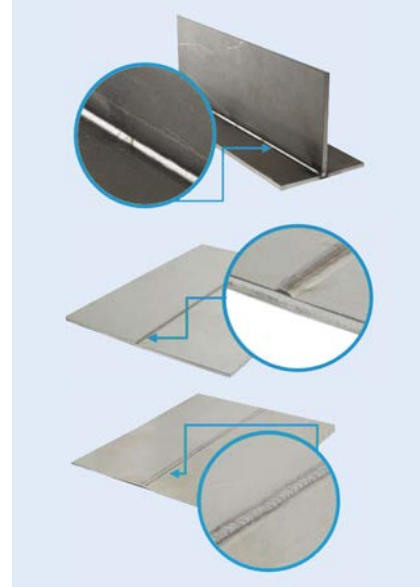


### ВСТРОЕННАЯ СИСТЕМА КАЧАНИЯ ЛУЧА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

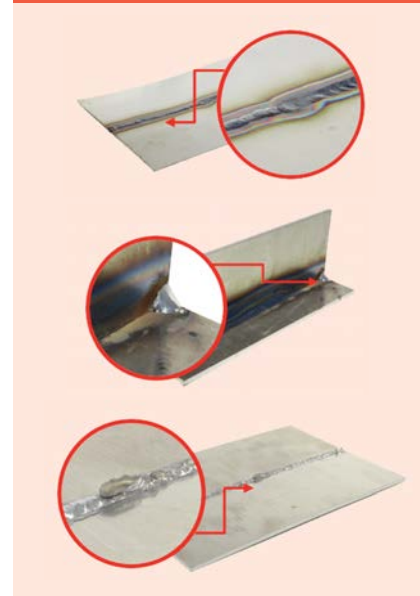
LightWELD 1500 обеспечивает простое управление возможностью увеличения ширины сварного шва до 5 мм и выбора частоты качания (осцилляции) выходного луча. Функция улучшает внешний вид швов и делает возможным сварку деталей с плохой подгонкой кромок.

Таким образом, LightWELD 1500 легко сваривает разнородные металлы различных толщин и позволяет создавать эстетичные высокопрочные соединения, не требуя при этом профессиональных навыков сварщика. Приобретая такой аппарат, вы значительно повышаете производительность, снижаете себестоимость сварного изделия и решаете ряд проблем, связанных с технологией получения сварных соединений.

### Технология LightWELD 1500



### Традиционные технологии сварки



ООО «Интеллектуальные робот системы»  
Россия, 105264, г. Москва,  
ул. 10-я Парковая, д. 20  
+7(800) 777-02-01  
www.irobs.ru

Юлия Гнетнёва  
+7(964) 626-73-59  
sale3@irobs.ru



СЕГОДНЯ ЛАЗЕРНАЯ РЕЗКА ПРЕВРАТИЛАСЬ ИЗ ПРОРЫВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ В СТАНДАРТНЫЙ ПРОЦЕСС ОБРАБОТКИ ЛИСТОВОГО ПРОКАТА НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ И МЕТАЛЛОСЕРВИСНЫХ ЦЕНТРАХ. БЛАГОДАРЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ, ЛЕЖАЩИХ В ОСНОВЕ ДАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ СУЩЕСТВЕННО УВЕЛИЧЕНА. НО НА ЭТОМ ЕЕ РАЗВИТИЕ НЕ ОСТАНАВЛИВАЕТСЯ, ТАК КАК И ДИНАМИЧНОСТЬ УСТАНОВОК, И ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАСКРОЯ, И СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОБЛАДАЮТ ЕЩЕ ЗНАЧИТЕЛЬНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ.

## ОПТОВОЛОКОННЫЙ ЛАЗЕР VS CO<sub>2</sub>-ЛАЗЕР

Быстродействующие устройства для смены палет при автоматической подаче материала, усовершенствованные алгоритмы раскроя в CAD/CAM-системе, интеллектуальное управление энергопотреблением источника лазерного излучения — это далеко не все технические решения, благодаря которым предприятия, эксплуатирующие станки для лазерной резки, могут повысить производительность и, следовательно, прибыль.

И отправной точкой здесь является прежде всего оптимизация сопутствующих процессов и конструкции периферийных устройств системы.

Повышение мощности лазерного источника никоим образом не исчерпывает всех возможностей увеличения производительности станка для лазерной резки.

Это подтверждает тот исторический путь, который прошла данная технология. В то время как внимание специалистов было сосредоточено на увеличении мощности широко используемых CO<sub>2</sub>-лазеров, мы приняли решение развивать технологию обработки оптоволоконным лазером.

Благодаря собственным исследованиям возможностей оптоволоконных лазеров EAGLE предлагает предприятиям сделать следующий шаг на пути к экономически эффективной лазерной резке. Предлагаемое решение позволяет получить значительно более высокую производительность

по сравнению с максимально возможной у CO<sub>2</sub>-лазера (мощностью 6 кВт). Клиенты EAGLE могут использовать оптоволоконный лазер мощностью в 10, 12 и даже 20 кВт.

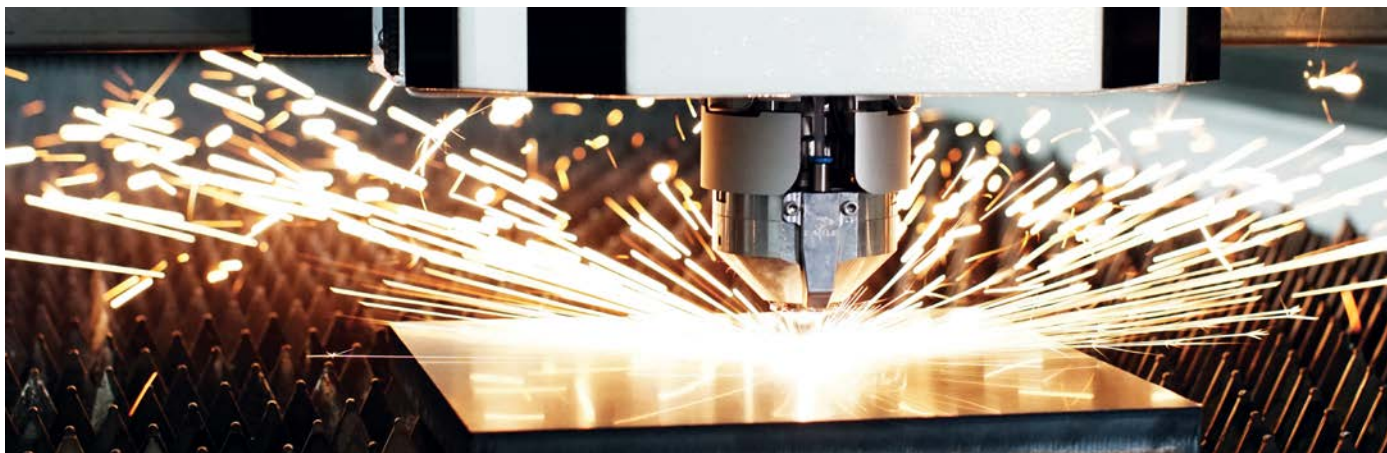
Ни один параметр настолько не влияет на производительность системы, как мощность лазера. С ее увеличением сокращается время обработки детали — и это отражается прежде всего на затратах: энергопотребление и почасовая ставка станка повышаются, но они многократно компенсируются более высокой производительностью, потому что она растет намного быстрее.

Если оценить общие условия эксплуатации высокопроизводительного лазерного станка, то можно сделать вывод, что он является наиболее экономичным вариантом. Ведь эффективность оборудования всегда определяется соотношением затрат и производительности. Оптоволоконный лазер более выгоден благодаря самым высоким скоростям резки без ущерба для качества.

При этом в станках EAGLE важна еще одна характеристика: динамичность. Максимальная скорость перемещения по осям с ускорением до 6G дает им дополнительные преимущества.

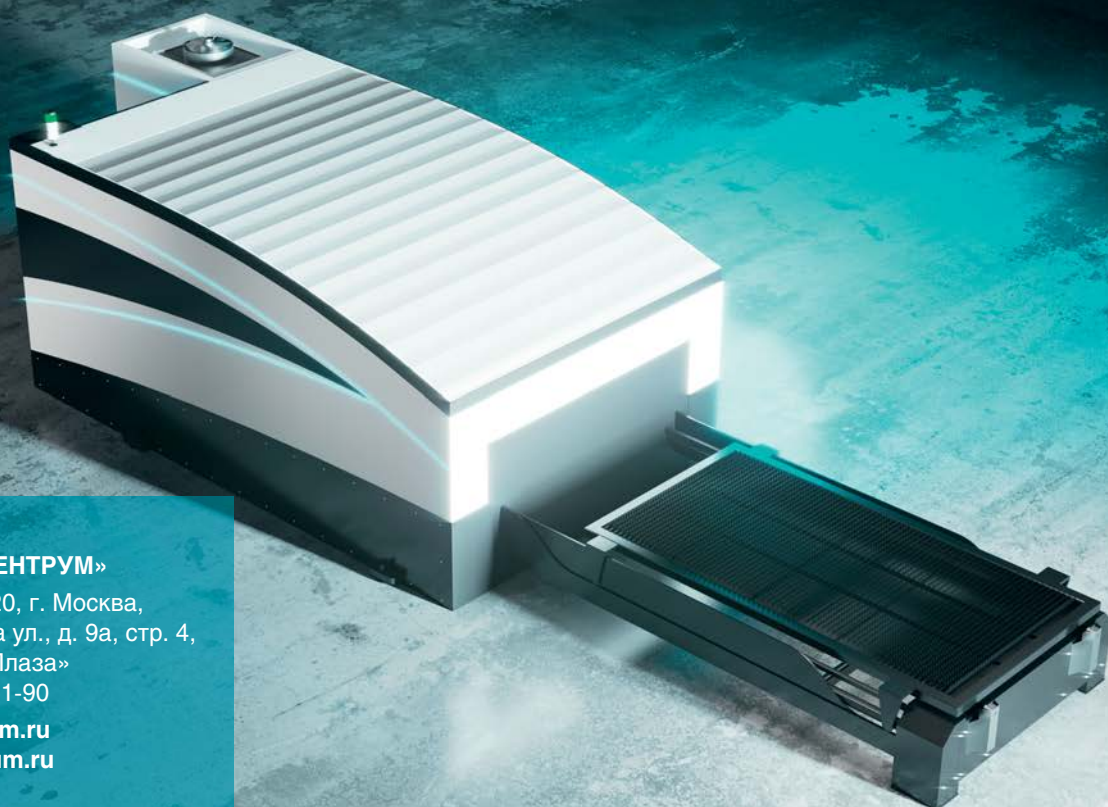
Разумеется, для эффективной работы оборудования еще необходима мощная система управления, оптимизирующая взаимодействие механических и электрических компонентов.





БОЛЬШЕ МОЩНОСТЬ — БОЛЬШЕ ПРИБЫЛЬ

# Лазерные технологии от EAGLE



ООО «ТКЦ ЦЕНТРУМ»

Россия, 111020, г. Москва,  
2-я Синичкина ул., д. 9а, стр. 4,  
БЦ «Синица Плаза»  
+7 (495) 120-01-90

[www.tkzentrum.ru](http://www.tkzentrum.ru)  
[info@tkzentrum.ru](mailto:info@tkzentrum.ru)

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ И ВЫБОР РЕЖУЩЕГО ГАЗА

Благодаря своей высокой эффективности лазерная резка является незаменимой базовой технологией при обработке листового металлопроката. Точность выбора ее параметров определяет успешность применения. Ввиду высокой ценовой конкуренции в отрасли это является критически важным фактором, потому что непосредственно влияет на прибыль.

Кроме того, результат может зависеть от множества факторов, поэтому все они обязательно контролируются: марка и толщина листа, сложность формы будущих деталей, а также точность и качество реза, наличие окалины. Немаловажное влияние оказывает, например, выбор режущего газа.

Компания EAGLE изготавливает высокопроизводительные установки, предназначенные для лазерной резки листового металлопроката в среде азота. Данный способ наиболее эффективен при использовании источников лазерного излучения высокой мощности.

Слишком малая мощность источника лазерного излучения может ограничивать скорость раскроя.

При резке в среде кислорода, напротив, в результате окисления расплава высвобождается значительная часть энергии, которая еще больше повышает его температуру и ускоряет резку, но до определенного уровня.

## СОВРЕМЕННЫЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЕ ФУНКЦИИ И КОМПЛЕКТУЮЩИЕ

Технический прогресс позволил значительно усовершенствовать процесс лазерной резки, что напрямую повлияло на производительность установок и, следовательно, на затраты. Благодаря прямой зависимости от времени производства и, следовательно, стоимости единицы продукции мощность лазера с самого начала была в фокусе разработки.

Вслед за увеличением мощности источника лазерного излучения последовала оптимизация динамики станка: перемещений с ускорением до 6G — в качестве следующего этапа эволюции.

Для достижения данной цели в станки устанавливается самая современная приводная техника и комплектующие только из высококачественных материалов. Высокая скорость перемещений, которую обеспечивает качественная приводная техника, гарантирует высокую скорость резки. Но и этого недостаточно. Все чаще и в больших объемах установка комплектуется узлами из современных эффективных материалов, особенно это касается подвижных элементов оборудования.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ

Без современной системы ЧПУ повысить динамику станка невозможно. Она отслеживает большое количество параметров всех процессов и благодаря этому управляет мощностью и электрическими и механическими компонентами в соответствии с поставленной задачей. Вместе с тем производительность не должна повышаться в ущерб сроку службы и затратам на техническое обслуживание.

Предприятия могут повысить эффективность своего производства не только за счет использования станков для лазерной резки последнего поколения, но и благодаря оптимизации всех процессов.

### Резка в кислороде (O<sub>2</sub>)

- Лазерный луч расплавляет металл, а кислород, подаваемый под давлением 6 бар, сначала окисляет (сжигает) расплав, а затем удаляет его из разреза. Часть металла может испариться.
- На кромках вырезанных деталей остается оксидный слой.
- Типичная область применения — раскрой листа из нелегированных или низколегированных сталей толщиной до 30 мм.

### Резка в азоте (N<sub>2</sub>)

- Луч лазера в месте реза проплавляет лист.
- Струей азота расплавленный материал удаляется из разреза.
- Будучи инертным, азот не образует окисных пленок на поверхности среза.
- Данный способ в основном используется для раскроя листового металлопроката из легированной стали.
- Для резки плавлением предпочтительны комплексы с высокой мощностью лазерных излучателей: от 10 кВт.

В свою очередь, волоконный лазер EAGLE обеспечивает высокую скорость раскроя толстого листа резкой плавлением (в среде N<sub>2</sub>.) Этот способ особенно актуален для обработки листа толщиной от 1 до 25 мм, хотя возможны варианты и до 50 мм. И при этом он позволяет получить очень высокое качество поверхности реза, снизить брак и уйти от последующей доводки вырезанных деталей.

Применяемые в конструкции лазерных комплексов EAGLE композиты, такие как углеродное волокно и полимербетон, обеспечивают высокую несущую способность в сочетании с собственным небольшим удельным весом. Полимербетон обладает уникальными механическими свойствами: по эффективности гашения вибраций он в 100 раз превосходит сталь, а его температурная зависимость в 10 раз меньше. Поэтому из него изготавливаются станины, что обеспечивает высокую точность обработки. Стабильность конструкции гарантирует бесперебойную эксплуатацию линейных двигателей, поскольку вибрации, возникающие при максимальной скорости перемещения по осям и резкой смене направления движения режущей головки, поглощаются полимербетоном.

Углеволокно широко используется для изготовления наиболее ответственных деталей и узлов лазерных станков EAGLE, в частности траверсы, которая обладает высокой прочностью и обеспечивает точность перемещений. Это позволяет использовать максимальные скоростные режимы раскроя листа без потери качества.

Для этого сначала необходимо изучить структуру затрат на лазерную резку: стоимость листового проката — основная статья расходов и цена владения станком.

Для повышения эффективности необходимо увеличивать скорость резания.

Неполную загрузку можно компенсировать за счет сокращения времени простоя и реализации параллельных процессов. Используя одну режущую головку, автоматически менять сопла. Это позволяет снизить затраты на оснащение.

Автоматизация позволяет менять палеты менее чем за 10 секунд, регулировать скорость обработки материала и параллельно подавать металлопрокат на станок.



## ОПТИМИЗАЦИЯ РАСКРОЯ ПОЗВОЛЯЕТ ЭКОНОМИТЬ

Оптимизация раскроя — еще один фактор, влияющий на себестоимость продукции.

На этапе выбора программы раскроя на первый план выходит максимально возможное использование площади листового проката. Это снижает объем отходов, которые позже придется перерабатывать.

Уменьшение толщины перемычек отходов способствует и надежности процесса. Это связано с тем, что деформация листового проката в результате нагрева может привести к короблению отходов и столкновению их с режущей головкой.

Программное обеспечение, разработанное для оптимизации раскроя, учитывает множество факторов при раскладке деталей на листе. По возможности происходит объединение линий реза в местах соприкосновения кон-

туров деталей. В этом случае они располагаются друг от друга на расстоянии, равном диаметру лазерного луча. Существенное влияние на время выполнения работ здесь очевидно.

Стоимость установки зависит не только от времени изготовления деталей, но и от ключевых характеристик самой лазерной установки: с экономической точки зрения затраты на приобретение и техническое обслуживание определяют стоимость станко-часа установки.

Экономить средства позволяет еще одно преимущество оптоволоконного лазера от EAGLE: ему, в отличие от CO<sub>2</sub>-лазера, не требуются оптические зеркала и углекислый газ, которые приводят к сравнительно высоким эксплуатационным расходам.

## МОЩНОСТЬ И ОКУПАЕМОСТЬ

При лазерной резке листового проката затраты на материалы зачастую составляют 75% себестоимости выпускаемой продукции. Стоимость установки — второго по величине компонента себестоимости — влияет на нее гораздо больше.

Благодаря оптимизации процесса раскроя можно добиться большей эффективности, не приобретая новый станок. Но если вы хотите достичь максимальной прибыли, необходимо оптимизировать всю систему. Станок, оснащенный высокопроизводительным лазером, может стать здесь прорывом.

Взаимосвязь между высокими скоростями резания и производительностью — прямая: чем быстрее режущая головка может отделить деталь от листа, тем меньше будет эксплуатироваться установка. Существует линейная зависимость между мощностью лазера и скоростью обработки, которую необходимо достичь, особенно при резке плавлением.

Но для того чтобы станок с более высокой мощностью быстрее окупался, стоимость его станко-часа должна увеличиваться менее интенсивно, чем производительность.



**ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ**



**УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ**



**ЭКОНОМИЧНОСТЬ**

## ПРИМЕР ИЗ ПРАКТИКИ

### РЕЗКА КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ НА ЛАЗЕРНЫХ СТАНКАХ

Взаимосвязь производительности и мощности можно проиллюстрировать на реальном примере. Расчеты были сделаны для типичной эталонной детали, полученной в результате раскроя на лазерном станке компании EAGLE.



#### ДЕТАЛЬ

Материал: конструкционная сталь St 37  
Толщина: 8 мм  
Длина по контуру: 1975 мм  
Габаритные размеры: 210×287 мм

Производительность лазерного станка EAGLE мощностью 20 кВт при обработке данной детали в пять раз выше производительности станка мощностью 4 кВт при раскрое аналогичных деталей.

Конечно, другие габариты деталей и материал поменяют результаты. Немаловажную роль играет и динамичность станков (диаграмма 1).

Если раскрой происходит быстрее, лист нагревается меньше и меньше деформируется. То есть при лазерном раскрое небольшая скорость резания не может гарантировать стабильное качество продукции.

Высокие технические характеристики станка — его основное экономическое преимущество, а скорость резания напрямую связана с производительностью (диаграмма 2).

Чтобы инвестиции в высокопроизводительный станок для лазерной резки быстрее окупились, увеличение стоимости владения в процессе эксплуатации не должно превышать повышение производительности. На диаграмме ясно видно: затраты на оборудование растут гораздо медленнее, чем возможные объемы производства (диаграмма 3).

Результат очевиден: инвестиции в станок, оснащенный высокопроизводительным источником лазерного излучения, могут изменить структуру затрат в лучшую сторону. Ключевым моментом является более высокая скорость резания, которая в несколько раз сокращает время производства детали. В свою очередь, увеличивается и стоимость станко-часа, но очень умеренно. Если высокопроизводительный лазер используется на пределе возможностей, то он является наиболее экономичным вариантом. Даже станок мощностью 10 кВт от EAGLE позволит более чем вдвое увеличить производительность, при этом стоимость станко-часа увеличится только на 20 процентов.

### Выводы

Демонстрируя бесперебойную эксплуатацию в течение длительного срока, станки EAGLE идеально сочетают высокую производительность и стоимость станко-часа.

Например, удельные затраты на установку мощностью 20 кВт снижаются более чем на 70% по сравнению со станком мощностью 4 кВт. Это результат большего объема выпускаемой продукции при незначительном увеличении эксплуатационных расходов за один и тот же отрезок времени. В данном примере стандартная стоимость станко-часа для установки лазерной резки мощностью 4 кВт составляет 100 евро (диаграмма 4).

Диаграмма 1. Мощность и скорость резки

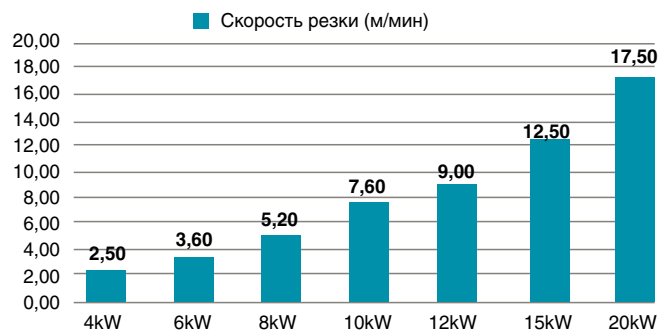


Диаграмма 2. Производительность в час

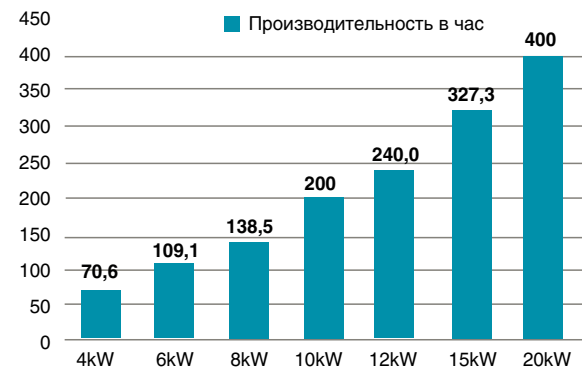


Диаграмма 3. Прибыль на деталь (€), себестоимость детали (€)

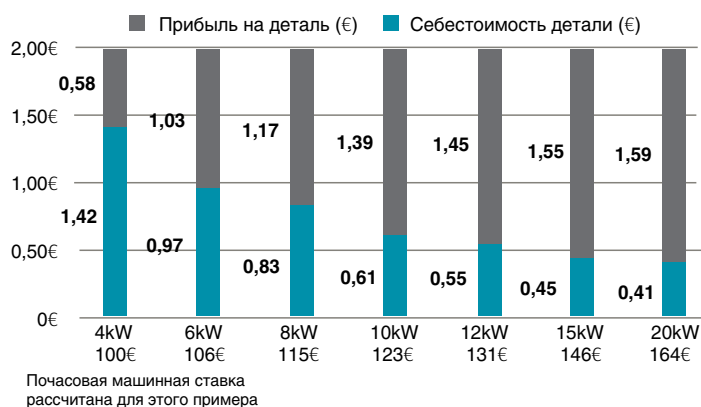
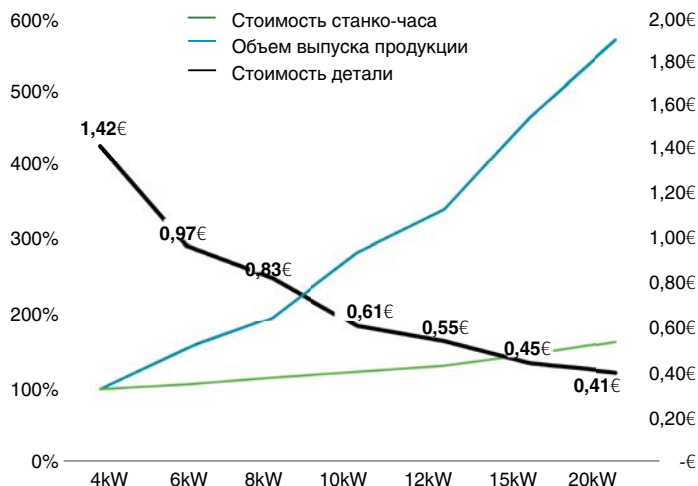


Диаграмма 4. Увеличение объемов производства. Снижение стоимости детали



## МЫ ПОМОЖЕМ НАЙТИ ПРАВИЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ

Технологии лазерной резки за время их внедрения в промышленность претерпели значительные изменения и на сегодняшний день уже стали стандартным процессом раскроя листового проката. Но их потенциал далеко не исчерпан. Напротив, сегодня рынок станков для лазерной резки развивается более динамично, чем когда-либо, потому что производителям постоянно требуется более совершенное оборудование.

Только тот, кто эксплуатирует оптимально сбалансированные по производительности и стоимости станко-часа установки, может предложить наиболее экономичную лазерную обработку.

В процессе эксплуатации к основным материальным затратам добавляются расходы, уже незначительно влияющие на окончательную сумму, — это техническое обслуживание и зарплата оператора. Все это доказывает, что современные станки для лазерной резки должны обладать максимальной производственной мощностью.

Функционирование общей системы требует оптимизации процессов логистики, подготовки к работе, настройки и обслуживания. Но без соответствующей установки оптимизация имеет ограничение. Высокопроизводительный станок для лазерной резки на основе волоконного лазера может совершить здесь прорыв, потому что его использование снижает себестоимость продукции и увеличивает производственную мощность.

Это доказано не только в нашем тематическом исследовании, но и демонстрируется при ежедневной эксплуатации оборудования у наших клиентов. Здесь установки от **EAGLE** уже создают новую свободу действий в узких рамках удельных затрат.

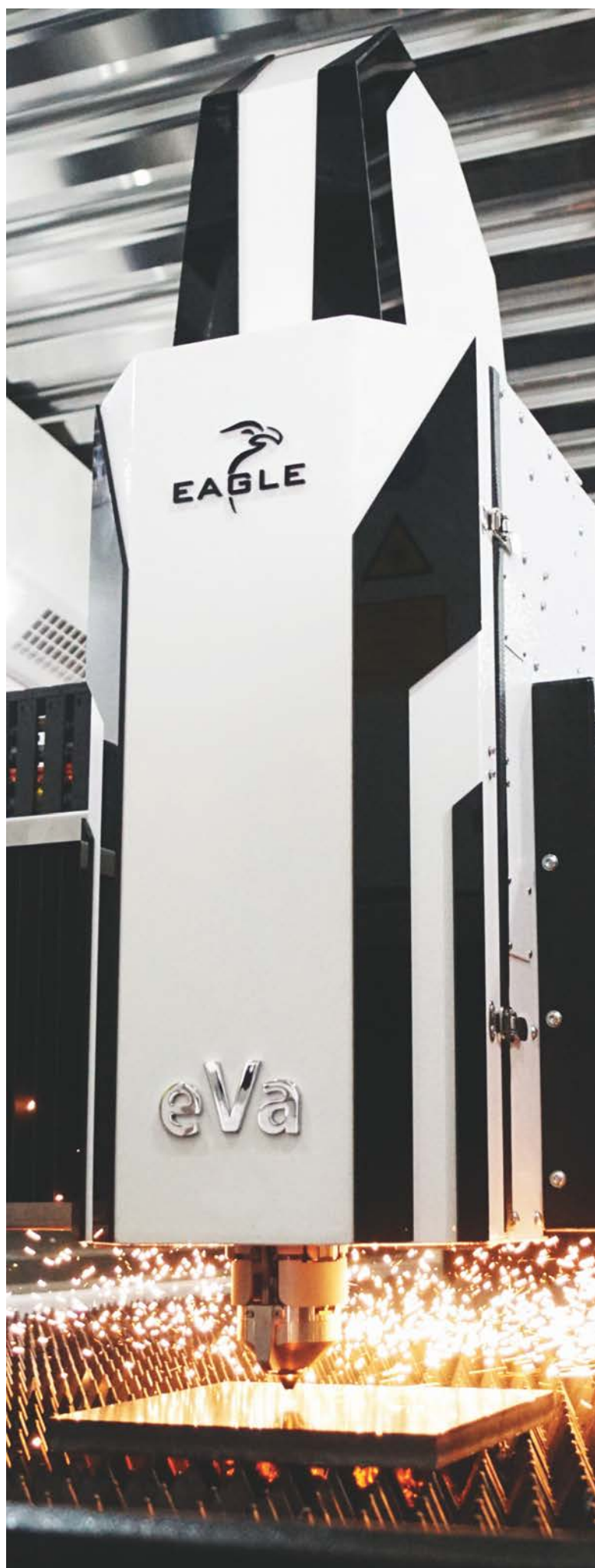
Любой желающий, который хочет раскрыть для себя потенциал высокопроизводительных лазерных установок **EAGLE**, должен учитывать множество факторов при принятии решения об инвестировании, потому что зависимость между технологическим процессом и конкретными целями имеет решающее значение.

*Высокопроизводительные лазерные установки обеспечивают экономическую эффективность, но этого можно достичь только благодаря координации всех задач предприятия. EAGLE предлагает клиентам свои ноу-хау и опыт, чтобы вместе с ними найти правильное решение для каждого конкретного случая. В настоящий момент компания уже сопровождает деятельность многочисленных клиентов, помогая им в каждом конкретном случае определить оптимальное сочетание производительности и инвестиций в высокоэкономичную лазерную обработку.*

Чтобы лучше узнать все преимущества **EAGLE**, посетите нас в Москве на 21-й международной специализированной выставке «Оборудование, приборы и инструменты для металлообрабатывающей промышленности»

24–28 мая, ЦВК «Экспоцентр»,

павильон «Форум», стенд FF102



# СТОЙКОСТЬ И АЛГОРИТМ ВЫБОРА ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛ

В СТАТЬЕ РАССМОТРЕН ПОДХОД К ВЫБОРУ ПАРАМЕТРОВ ПИЛЫ ДЛЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ВНЕДРЕНИЯ ЛЕНТОЧНО-ОТРЕЗНОЙ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ.

Для расчета стойкости ленточных пил используется суммарная площадь поперечного сечения отрезанных заготовок  $\sum S$ , м<sup>2</sup> или площади поперечного сечения отрезанных заготовок, отнесенных к длине пилы, —  $C$ , м<sup>2</sup>/L. Для расчета стойкости пилы рекомендуется следующая формула [1]:

$$C = \frac{\sum S_i \cdot n_i}{L_n}, \frac{m^2}{m}, \quad [1]$$

где  $S_i$  — площадь поперечного сечения  $i$  заготовки, м<sup>2</sup>;  $n_i$  — количество резов  $i$  заготовки;  $L_n$  — длина ленточной пилы, м.

Формула используется для расчета стойкости при обработке сплошных и толстостенных профилей стандартной формы. При резании малогабаритных тонкостенных заготовок в качестве показателя стойкости используют суммарное количество отрезанных заготовок  $\sum l$  (шт.), что связано с трудоемкостью расчетов большего количества площадей заготовок сложной формы.

Величины стойкости пил м<sup>2</sup>/м с минимальными и максимальными значениями для различных групп сталей при резании биметаллическими ленточными пилами представлены на диаграмме, **рис. 1**. Значения стойкости  $\min$  и  $\max$  учитывают обрабатываемость сталей в каждой партии заготовок, типоразмеры пил и конструкции станков.

Формула [1] позволяет вывести общее значение стойкости для различных групп материалов без привязки к длине пилы. Это обеспечивает использование стойкости  $C$  для экономического планирования внедрения ленточно-отрезной технологии в производстве.

Формы и виды стружек могут использоваться в качестве индикатора стойкости пилы и степени износа ее режущих лезвий, оптимизации режимов резания.

На **рис. 2** представлены формы стружек при резании некоторых ста-

лей различных марок биметаллическими пилами с шагом 3/4 tpi.

Вид сливной стружки для стали 45 Ø160 мм (пила M42 4400x34x1,1 – 3/4 tpi,  $v = 55$  м/мин,  $S = 30$  мм/мин), **рис. 2а**. Стружка имеет серебристый цвет, спирали вытянуты вдоль своей оси. Формирование спиралей вдоль оси происходит из-за разведенных зубьев. Длина спиралей от 8 до 25 мм, их диаметр от 3 до 8 мм. Плотность сжатия витков стружек различная, т.к. производилась резка круглых заготовок, что влияет на длину пропила по сечению от 0 до 160 мм.

Вид сливной стружки для стали 09Г2С Ø110 мм (пила M42 4400x34x1,1–3/4 tpi,  $v = 55$  м/мин,  $S = 45$  мм/мин), **рис. 2б**. Длина спиралей от 3 до 11 мм, диаметр от 6 до 9 мм.

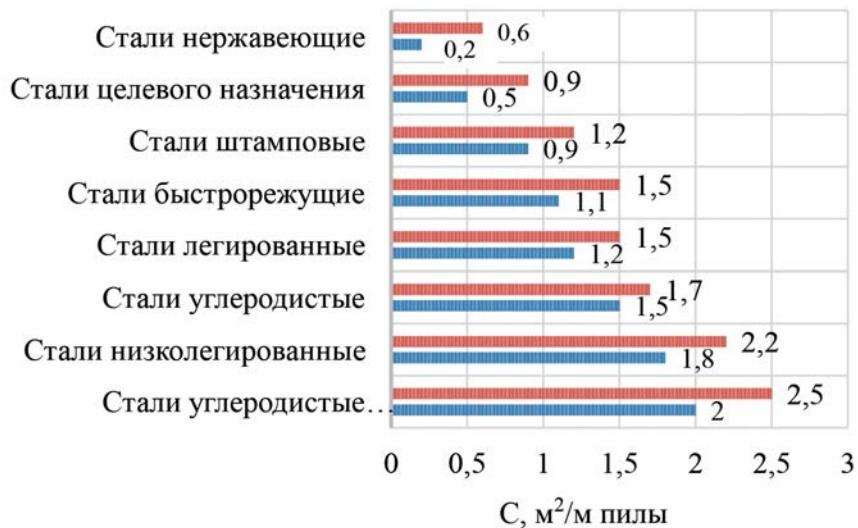
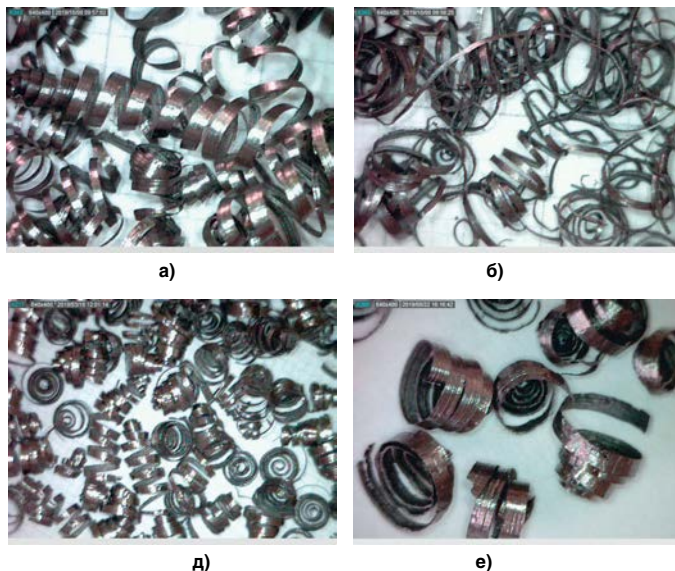


Рис. 1. Стойкости биметаллических ленточных пил

Рис. 2. Формы стружек при резании сталей:  
 а) сталь 45 Ø160 мм;  
 б) 09Г2С Ø110 мм;  
 в) 40Х Ø100 мм;  
 г) 30ХГСА Ø100 мм;  
 д) 40ХН2МА Ø160 мм;  
 е) 45ХН Ø160 мм.





**динамично развивающаяся компания,  
основным направлением деятельности  
является комплексная реализация проектов  
в области металлообработки.**

Вид сливной стружки для стали 40X Ø100 мм (пила M42 4400x34x1,1-3/4 tpi, v = 50м/мин, S = 35 мм/мин), **рис. 2в**). Длина спиралей от 3 до 9 мм, диаметр от 3 до 8 мм.

Вид сливной стружки для стали 30ХГСА Ø100 мм (пила M42 4400x34x1,1-3/4 tpi, v = 45 м/мин, S = 30 мм/мин), **рис. 2г**). Длина спиралей от 4 до 10 мм, диаметр от 3 до 6 мм.

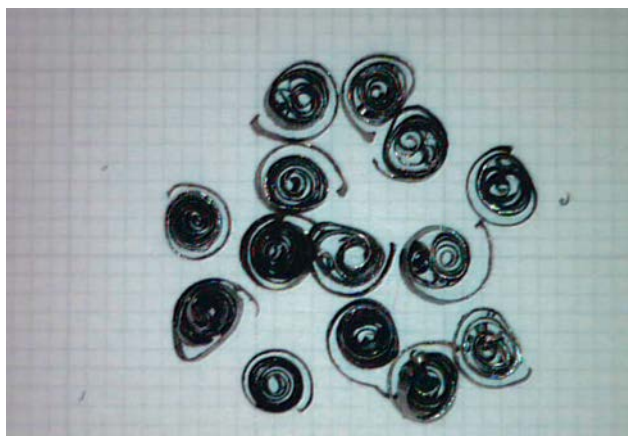
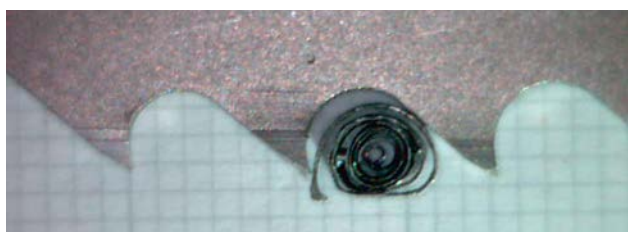
Вид сливной стружки для стали 40ХН2МА Ø160 мм (пила M42 3110x27x0,9-3/4 tpi, v = 60м/мин, S = 23 мм/мин), **рис. 2д**). Длина спиралей от 4 до 14 мм, диаметр от 3 до 8 мм.

Вид сливной стружки для стали 45ХН Ø160 мм (пила M71 5800x41x1,3-3/4 tpi, v = 35 м/мин, S = 22 мм/мин), **рис. 2е**). Длина спиралей от 4 до 7 мм, диаметр от 7 до 13 мм.

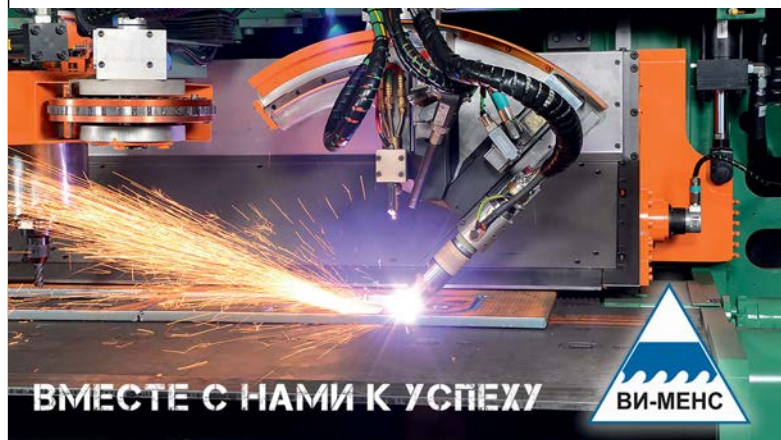
Для всех групп сталей характерна форма стружки в виде вытянутых спиралей, образованных разведенными зубьями, и спиралей без осевого смещения, образованных прямыми зубьями. Для различных марок сталей наблюдаются стружки в виде плотно скрученных спиралей, образование которых происходит при недостаточном объеме межзубной впадины, а также свободных спиралей с зазором между витками [2]

Стружка при ленточном пилении характеризуется диаметром, длиной и плотностью сжатия. Диаметр спирали зависит от свойств обрабатываемого материала, углов режущей части зуба, шага между зубьями, размера межзубной впадины, размеров и формы заготовки. Плотность сжатия зависит от соответствия шага ленточной пилы и размеров заготовки. При малых объемах межзубной впадины происходит скручивание спирали и ее деформация, **рис. 3** [3].

Различные формы сливной стружки при пилении БраЖ9-4 Ø220 мм (пила M42 2710x27x0,9-2/3 tpi, v = 40 м/мин, S = 10 мм/мин) представлены на **рис. 4**, где длины спиралей стружек от 4 до 10 мм и диаметры от 9 до 17 мм.



**Рис. 3. Формы стружек при недостаточном объеме межзубной впадины**



**ВМЕСТЕ С НАМИ К УСПЕХУ**



## В КОМПЕТЕНЦИЮ КОМПАНИИ ВХОДИТ:

- технологическое проектирование;
- поставка металлообрабатывающего оборудования;
- инжиниринговые услуги;
- сервисная поддержка;
- изготовление и поставка инструмента.

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ:

- ✓ инженерные решения, внедрение технологий, поставка высокопроизводительного оборудования, инструмента для заготовительных производств машиностроительных предприятий;
- ✓ комплексная поставка технологий и оборудования для производства металлоконструкций различного спектра, в том числе для судостроения, мостостроения;
- ✓ внедрение передовых технологий и оборудования для антикоррозионной защиты металла (подготовка, упрочнение, окрашивание, горячее цинкование), в том числе с применением промышленных роботов;
- ✓ автоматизация производств на базе программных продуктов, с адаптацией под конкретные задачи и индивидуальные требования заказчика;
- ✓ разработка интеллектуальных роботизированных систем, адаптированных к потребностям клиентов с целью предоставления полностью оборудованных автоматизированных систем для строительной и автомобильной промышленности, машиностроения и кранового строительства.

ООО «ВИ-МЕНС» — это индивидуальный подход к клиентам, профессионализм менеджеров и инженеров, достижение обещанных результатов.

**ПОДРОБНЕЕ НА САЙТЕ**

[www.vimens.ru](http://www.vimens.ru), [info@vimens.ru](mailto:info@vimens.ru)

[www.vimens.by](http://www.vimens.by), [vimens@vimens.by](mailto:vimens@vimens.by)

+7 (495) 668-10-72, +375 (17) 270-00-73



Рис. 4. Формы сливной стружки при пилении БраЖ9-4 Ø220 мм

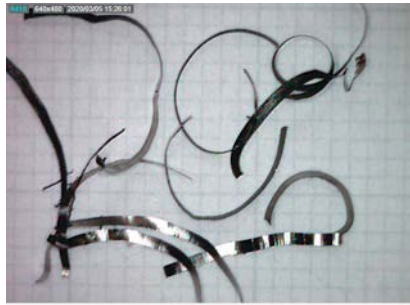
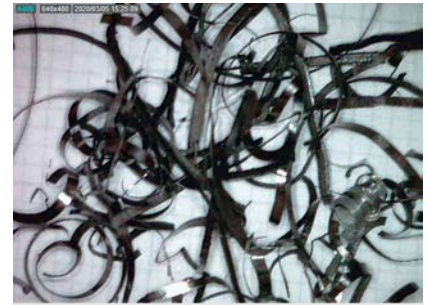


Рис. 5. Формы сливной стружки стали 12X18H10T Ø170 мм



Вид стружки для стали 12X18H10T Ø170 мм (пила M42 3450x34x1,1–2/3 tpi,  $v = 47$  м/мин,  $S = 11$  мм/мин) приведен на рисунке 5а, б. Стружка не образует спиралей с большим количеством витков, а вытягивается вдоль своей оси. Подобного рода стружка характерна для вязких материалов, в частности сплавов на основе никеля.

Проведенные эксперименты показали, что формы и параметры сливных стружек для сталей и цветных металлов подобны. Диаметры витков спиралей стружек практически постоянны для пил с постоянным шагом и одинаковым положением режущих кромок при постоянной длине реза. Для пил с переменным шагом зубьев и, соответственно, имеющих различные объемы межзубных впадин и расстояния между режущими лезвиями, диаметры спиралей стружек различны.

На основании многолетнего опыта внедрения процессов ленточного пиления фирмой «ВИ-МЕНС» разработан алгоритм выбора пил с учетом различных производственных условий, рис. 6 [4].

Таким образом, собрав и проанализировав вышеуказанную информацию, выбирается правильный инструмент, обладающий свойствами, которые позволяют достичь желаемого результата без лишних затрат.

П. В. Густяков,  
ведущий инженер-технолог ООО «ВИ-МЕНС»

**Литература**

1. Дечко Э. М. Стойкость ленточных пил и алгоритм выбора конструкций / Э. М. Дечко, П. В. Густяков // Машиностроение: республиканский межведомственный сборник научных трудов / Белорусский национальный технический университет; редкол.: В. К. Шелег (гл. ред.). Минск: БНТУ, 2020. Вып. 32. С. 28–31.
2. Дечко, Э. М. Формирование межзубных впадин при ленточном пилении / Э. М. Дечко, П. В. Густяков // Машиностроение: республиканский межведомственный сборник научных трудов / Белорусский национальный технический университет; редкол.: В. К. Шелег (гл. ред.). Минск: БНТУ, 2018. Вып. 31. С. 33–37.
3. Процесс стружкообразования при ленточнопильном пилении, Э. М. Дечко, С. В. Сизов, П. В. Густяков. Перспективные направления развития технологии машиностроения и металлообработки. Тезисы докл. междуна. научн.-техн. конф. (Минск, 5 апр. Минск. Бизнес-офсет. 2017. 237 с.Э.М.)
4. www.vimens.ru. Краткий справочник специалиста ленточного пиления.

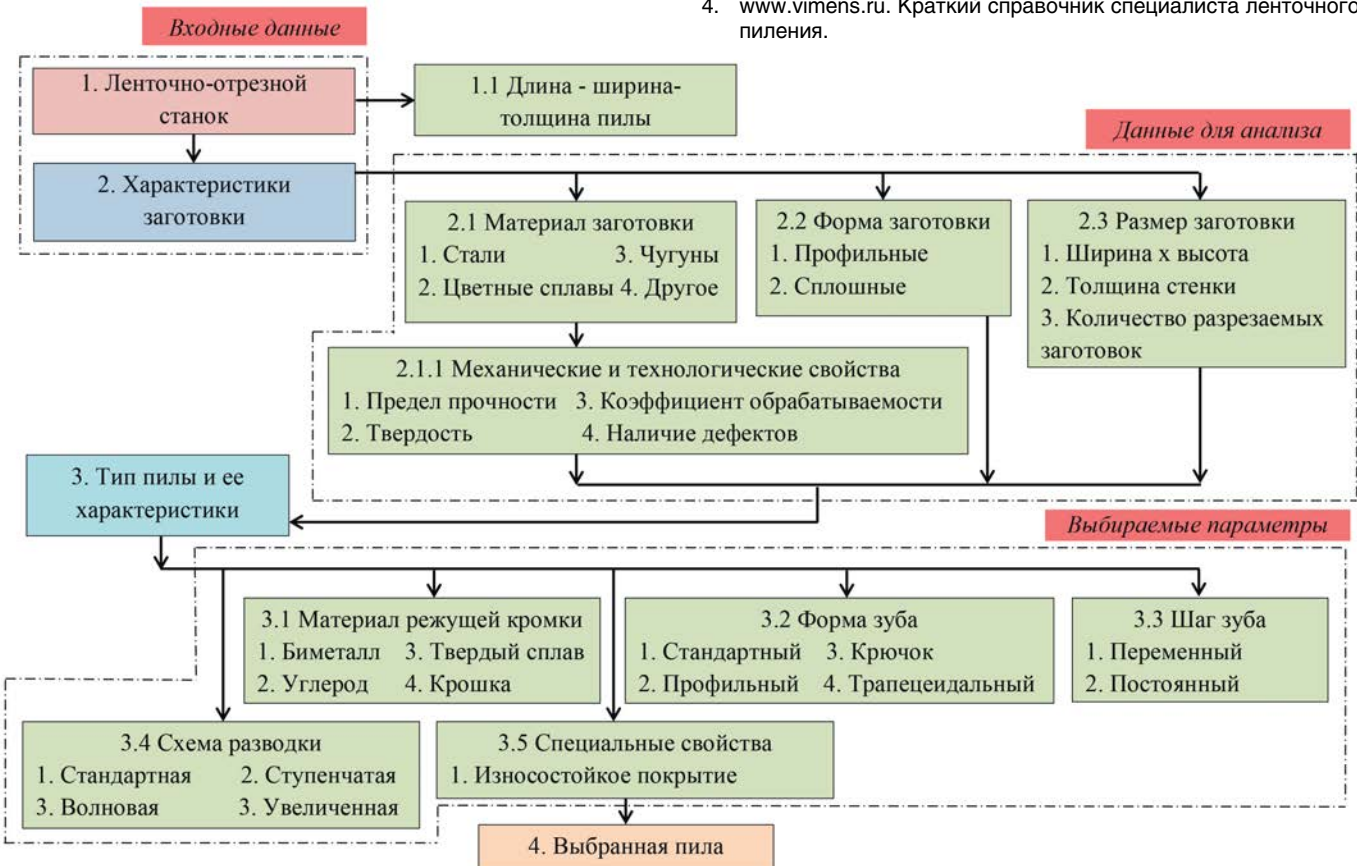


Рис. 6. Алгоритм выбора конструкции пилы

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ХОЛОДНОЙ ГИБКИ ТРУБ СО СКРУЧИВАНИЕМ

В СТАТЬЕ РАССМОТРЕНЫ ОСНОВНЫЕ СХЕМЫ ГИБКИ ТРУБ С ПРИЛОЖЕНИЕМ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА, ВОПРОСЫ ВЛИЯНИЯ СКРУЧИВАНИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ УТОНЕНИЯ/УТОЛЩЕНИЯ СТЕНКИ ТРУБНОЙ ЗАГОТОВКИ НА ВНЕШНЕМ И ВНУТРЕННЕМ РАДИУСАХ КОЛЕНА ТРУБЫ. ПОКАЗАНО, ЧТО ВВЕДЕНИЕ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА, А С НИМ И ОСЕВЫХ СИЛ В ГИБОЧНЫЙ ПРОЦЕСС ТРУБНОЙ ЗАГОТОВКИ СПОСОБСТВУЕТ СОЗДАНИЮ ЖЕЛАЕМЫХ СДВИГОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ В ЗОНЕ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ КОЛЕНА ТРУБЫ. РАНЕЕ ВЛИЯНИЕ СКРУЧИВАНИЯ ТРУБНОЙ ЗАГОТОВКИ В ЗОНЕ ПЕРЕГИБА ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННО НЕ ИЗУЧАЛОСЬ.

В основе процессов гибки труб лежат положения общей теории изгиба, характеризующейся утонением ( $s_{min} < s_n$ ) стенки трубы ( $s_0$ ) на наружном радиусе её погиба и утолщением ( $s_{max} > s_0$ ) на внутреннем, связанное с тем, что при гнущих разные части трубы испытывают нагрузки разного типа (растяжение/сжатие). Отмеченное напрямую зависит от величины радиуса погиба ( $R_0$ ): чем больше радиус погиба стремится к минимальному значению ( $R_0 \rightarrow R_{min}$ ), тем больше выражена разница между толщиной стенки трубы наружного и внутреннего радиусов погиба

$\frac{s_{max}}{s_{min}} > 1$  и тем больше поперечное сечение трубы стре-

мится принять форму овала  $\theta = \frac{D_{max} - D_{min}}{D_0} \cdot 100\%$ .

С технологической точки зрения величину радиуса погиба ( $R_0$ ) можно привязать к толщине стенки трубной заготовки ( $s_0$ ).

Известно, что величину проходного сечения трубопровода выбирают от требуемой производительности прокатки рабочей среды, а при определении номинальной толщины стенки трубы к расчетной по давлению величине прибавляют суммарную прибавку компенсаций на максимальное утонение стенки трубы, связанную с технологией операции гибки, минимальным допуском на изготовление, компенсацией коррозии на время эксплуатации, условиями эксплуатации и т.д. [1]. Следовательно, с экономической точки зрения необходимо стремиться к уменьшению радиуса погиба трубы, так как это приводит к уменьшению требуемой толщины стенки, что существенно отражается на массогабаритных параметрах трубопровода.

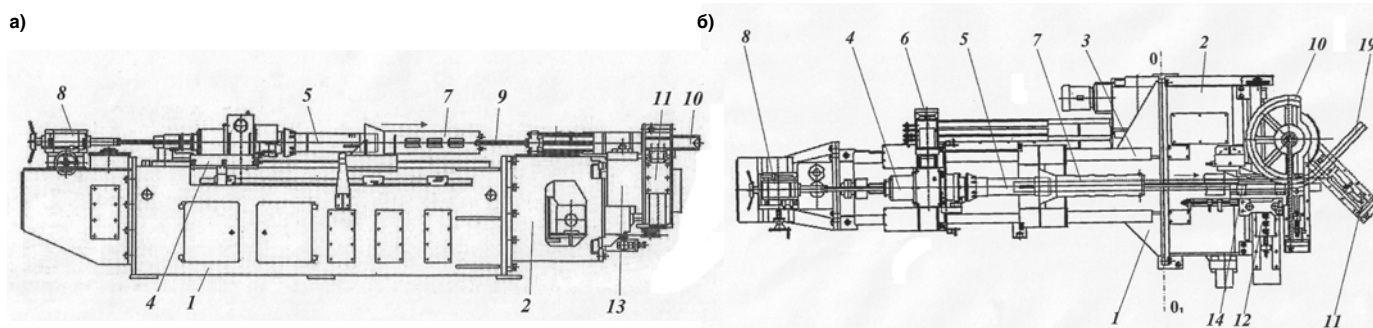
Существующие методы изготовления трубопроводов из углеродистых, нержавеющей сталей, алюминиевых сплавов, цветных металлов с использованием охлаждённых наполнителей при холодной технологии гибки или трубо-

проводов больших диаметров, а также трубопроводов из труднодеформируемых сталей с использованием нагретого песка при горячей технологии гибки труб, в том числе штамповки отдельных сегментов колен труб с последующей сваркой патрубков, характеризуются пониженной герметичностью, недостаточной точностью координат стыковочных поверхностей, значительным объёмом ручных доводочных работ, низким качеством сборки при малой производительности ручного труда.

С точки зрения живучести конструкций трубопроводов летательных аппаратов важную роль играет форма угловых переходов колен труб, к которым предъявляются жёсткие требования на появления браковочных признаков, влияющих на ресурс эксплуатации в условиях высоких давлений и окислительных сред. С экономической точки зрения уменьшение массогабаритных размеров колен труб приводит к уменьшению толщины стенки трубопроводов, что приводит к увеличению полезной массы, выводимой на орбиту летательным аппаратом. Кроме того, производство трубопроводов характеризуется большой номенклатурой деталей и малой серийностью изготовления.

В жидкостном ракетном двигателе (ЖРД) конструкция трубопроводов отличается сложной пространственной конфигурацией с многочисленными изгибами в различных плоскостях, существенным разнообразием типоразмеров труб и плотной упаковкой трубопроводов. Большой диапазон разброса наружного диаметров труб ( $D_n$ ) от 8 до 120 мм и радиусов погиба  $R_0 = (0,75 \div \infty) D_n$  одного вида ЖРД летательного аппарата приводит к необходимости содержать большой парк трубогибочных станков, отличающихся друг от друга методами гибки: обкаткой, намоткой, поворотным рычагом и гибкой проталкиванием.

С точки зрения экономики производства и производительности труда нерентабельно иметь большой парк трубогибочных станков при единичной серии производства летательных аппаратов, включающих сравнительно



1 — станина; 2 — гибочная головка; 3 — направляющие; 4 — каретка продольной подачи; 5 — цанговый патрон; 6 — механизм реверсивного вращения цангового патрона; 7 — люнет; 8 — механизм выдвигания дорна; 9, 10 — гибочный шаблон; 11 — гибочный кронштейн; 12 — каретка перемещения бустера; 13 — каретка поперечной подачи; 14 — прижимная матрица; 15 — гибочный ролик; 16 — прижимная матрица; 17 — опорные ролики; 18 — упор; 19 — трубная заготовка

Рис. 1. Схема универсального трубогибочного станка модели СТОПН-80: а) вид спереди, б) вид сверху

небольшое единичное количество изделий ЖРД. Данный вопрос решается путём создания многоцелевого трубогибного оборудования, способного изготавливать многоколенные пространственные трубопроводы, включающие все существующие виды технологий гибки труб, работающие как в автоматическом цикле по вводимой в систему управления ЧПУ, например, NCT104/FS-программе, так и в ручном режиме (рис. 1) [2].

После доработки гибочной головки 2 и модернизации стола опорной платформы 20 (рис. 2) [3] СТОПН-80Д обеспечил реализацию всех четырёх схем гибки труб за счёт сменного гибочного инструмента, включающего гибочный

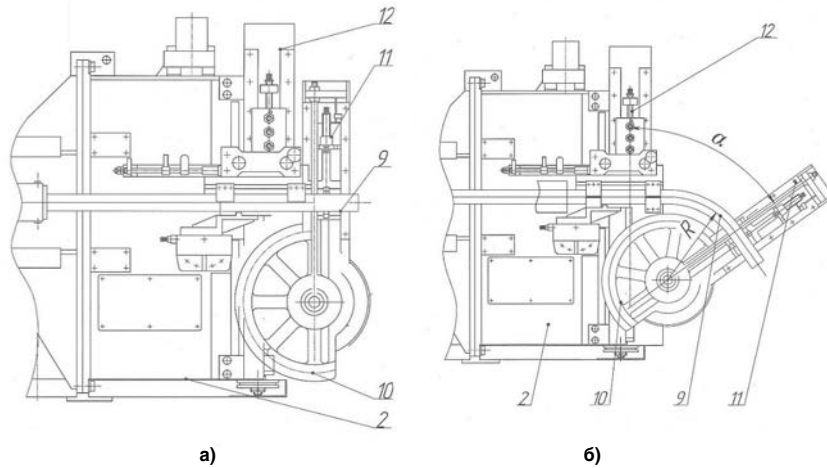


Рис. 2. Схема гибки поворотным рычагом: а) исходное положение, вид сверху б) конечное положение гибки поворотным рычагом при повороте кронштейна на угол  $\alpha$ , вид сверху

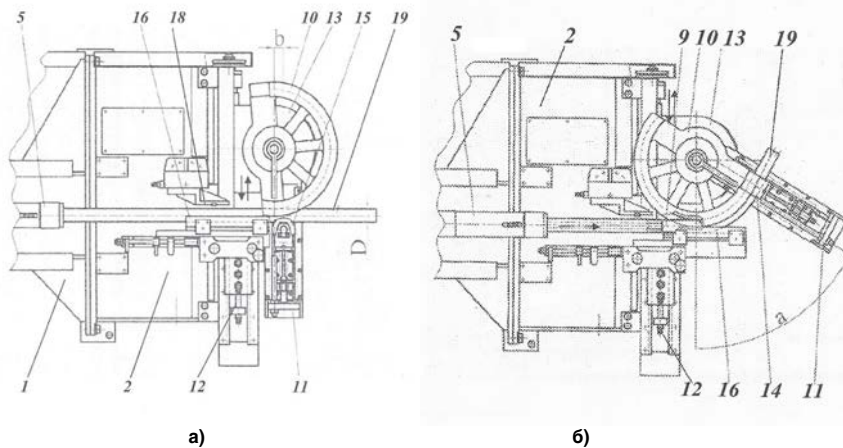


Рис. 3. Работа гибочной головки станка в режиме обкатки трубной заготовки вокруг гибочного шаблона и намотки трубной заготовки на гибочный шаблон: а) обкатка трубы, исходное положение; б) намотка трубы, конечное положение

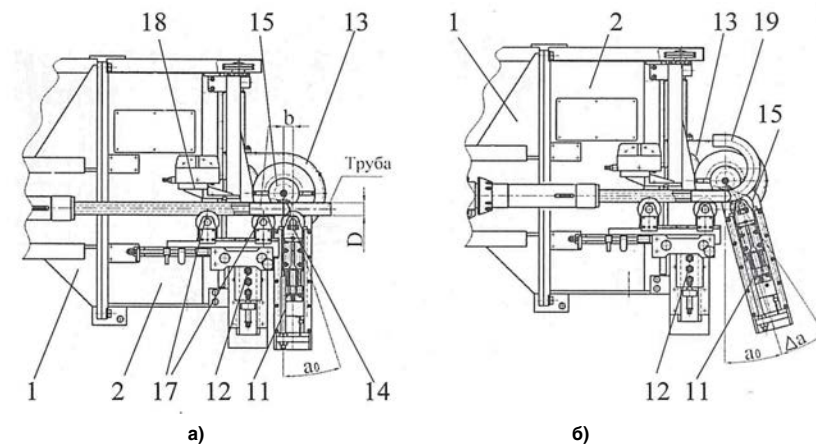


Рис. 4. Работа гибочной головки станка в режиме проталкивания трубной заготовки через сменный опорный гибочный шаблон: а) гибочный шаблон минимального диаметра, исходное положение; б) гибочный шаблон минимального диаметра, конечное положение;  $\alpha$  — угол поворота отклоняющего ролика,  $\Delta\alpha$  — угол поворота отклоняющего ролика,  $b$  — начальное плечогиба,  $D$  — наружный диаметр трубы

шаблон (обкатка, намотка, рис. 3), опорные и гибочные ролики (проталкивание трубы, рис. 4) [4], опорную, прижимную матрицы с подвижной опорной платформой (гибка поворотным рычагом, рис. 2).

Известные способы гибки труб и реализующее их трубогибное оборудование не обеспечивают допустимые ГОСТ разнотолщинность, утонение/утолщение стенок колена трубы, овализацию поперечного сечения трубных изделий в том случае, когда это касается гибки трубных заготовок на малый радиус ( $R \leq 2d_n$ ), вследствие знакопеременной деформации, противоположно расположенных участков трубы, относящихся к внутреннему и внешнему радиусам изгиба колена труб. Поэтому основным недостатком устройств, реализующих указанные способы гибки труб, является дефект в виде вмятины на трубе в начале изгиба, а также складкообразование на внутреннем радиусе погиба, утонение на внешнем радиусе изогнутого колена и овализация поперечного сечения трубы.

Универсальный трубогибный станок дает возможность за одну установку трубной заготовки получать на ней изгибы в разных плоскостях с различными радиусами погиба: от  $1D_n$  до  $25000D_n$ , что позволяет снизить трудоёмкость изготовления деталей из трубных заготовок за счёт исключения ручных и доводочных работ. Технология изготовления трубных изделий на рассматриваемом трубогибном станке позволяет проводить последовательное чередование всех четырёх отмеченных выше схем гибки трубных изделий.

Немонотонная гибка трубной заготовки реализуется по следующим схемам:

- гибка обкаткой: выполняется для получения заданного радиуса изгиба трубы  $\bar{R} > 3D_n$ , для толстостенных труб необходимо определённое соответствие между величиной стенки и внешним диаметром:

$$1 \leq \frac{s}{d_n} \geq 0,5;$$

- гибка намоткой: получают радиусы погиба  $\bar{R} \leq 2,5D_n$  для труб, имеющих соотношение

$$\frac{D_n}{s} > 40;$$

- гибка поворотным рычагом: позволяет получать трубы малого радиуса погиба  $\bar{R} \leq 2,5d_n$  для тонкостенных труб отношением толщины стенки к наружному диаметру меньше трёх сотых

$$\frac{s}{D_n} < 0,03;$$

— гибка проталкиванием: позволяет получать трубы малого радиуса погиба  $\bar{R} \leq 1,5d_n$  для тонкостенных труб отношением толщины стенки к наружному диаметру аналогично методу гибки поворотным рычагом.

Гибка со скручиванием зоны перегиба колена трубы частично выравнивает толщину стенки трубы за счёт создания в толще стенки сдвиговую деформацию при одновременном осевом растяжении/сжатии, однако этого недостаточно для гибки труб на малый радиус  $\bar{R} \leq 2,5d_n$  с относительной толщиной стенки  $\bar{s} > 0,03$ .

Результаты экспериментальных работ по холодной монотонной гибке труб со скручиванием показывают повышение качества трубных изделий (отсутствие гофрообразования) и возможность регулировки утонение/утолщение стенок колен труб на 4% при уменьшении энергосиловых параметров трубогибочного станка на 20–22% [5].

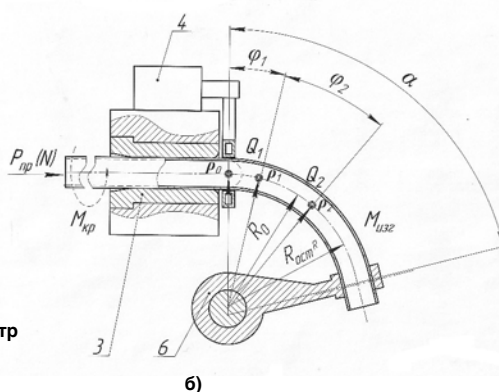
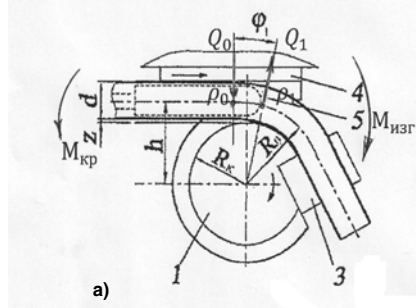
На рис. 5 представлены схемы гибки с кручением по круглому шаблону (рис. 5а), гибки поворотным рычагом (рис. 5б) и гибки проталкиванием через гибочный ролик (рис. 5в).

Показано [5], что дозированное кручение осуществимо при наматывании трубы на копира (рис. 5а) [6] или проталкивании через ролики (рис. 5б) [4]; в первом случае основную работу выполняет момент  $M_{изг}$  на валу копира (рис. 5а), во втором — толкающая сила  $P_{пр}$  ( $N$ ) (рис. 5в), в третьем — две составляющие: толкающая сила  $P_{пр}$  ( $N$ ) и момент  $M_{изг}$  (рис. 5б).

В зоне активного холодного деформирования (гибки)  $\rho^0 - \rho^1$  радиус оси  $R$  изменяется от  $\infty$  до заданного значения  $R_0$ , крутящий момент и перерезывающая сила остаются неизменными ввиду малых значений угла  $\varphi_1$  [7]. Поперечная сила прикладывается через ползун, плечо ее равнодействующей  $Q_0$  относительно точки  $\rho^1$  составляет около  $2,5d$  [8].

Холодная гибка в роликах происходит одновременно с упругой разгрузкой. На участке  $\rho^1 - \rho^2$  момент внутренних сил в плоскости гибки уменьшается до нуля, а кривизна оси приобретает остаточное значение  $1/R_{ост}$ . За пределами контакта с выходным роликом изогнутый участок имеет

- 1 — гибочный ролик,
- 2 — трубная заготовка,
- 3 — прижимная (направляющая) втулка, 4 — индуктор,
- 5 — устройство скручивания;
- $\rho^0 - \rho^1$  — зона активного деформирования (гибки);
- $\rho^0 - \rho^1$  — зона пассивного деформирования (разгрузки);
- $Q_0$  — поперечная внешняя сила;
- $Q_1$  — поперечная внутренняя сила;
- $R$  — переменный радиус оси трубы на участке  $\rho^0 - \rho^1$ ;
- $0 \leq R \leq R_0$ ;
- $N$  — внешняя толкающая сила;
- $\varphi_1$  — угол наклона нормали к оси трубы в точке  $\rho^1$ ;
- $d$  — наружный диаметр трубы



спиральную форму вследствие разгрузки от крутящего момента. Под действием кручения снижается толкающая сила  $N$ , что важно учитывать, так как осевое сжатие тонкостенных труб может образовывать гофры [3]. Перерезывающая сила скачкообразно изменяется в точке  $\rho^1$ , нарушая монотонный характер сдвигов сечений. Из равенства работ внешних и внутренних сил следует:

$$N = M_{изг} / R_{ост},$$

где  $N$  — проталкивающая сила.

Реакции роликов определяют из условий статического равновесия деформируемого участка заготовки [7].

Холодная деформация кручения прямого участка трубы  $\gamma_{пр}$  считается близкой к предельному упругому значению  $\gamma_{02}$ .

При  $z = 0$  в трубной заготовке скачкообразно наступает пластическое состояние в связи с появлением сдвига  $\gamma_{yx,0}$  от перерезывающей силы, одновременно с этим резко возрастает деформация кручения  $\gamma_{кр,0}$ , определяемая из трансцендентного уравнения:

$$\frac{A \gamma_{кр,0}}{3} \left[ \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{\frac{3}{2} (\gamma_{кр,0}^2 + \gamma_{yx,0}^2)} \right]^{n-1} = G \gamma_{пр},$$

где  $A$  и  $n$  — константы степенной функции напряжения текучести;  $G$  — модуль сдвига.

Значение  $\gamma_{yx,0}$  известно и служит для косвенного задания  $z_{\rho^1}$ , т.е. длины участка  $\rho^0 - \rho^1$ .

Касательные напряжения  $\tau_{yx}$  и  $\tau_{кр}$  равномерно распределены по сечению трубы на границе зоны гибки при  $z = 0$ .

Перемещения кручения подсчитываются приближённо:

$$\Delta u_{кр,j} = 0,5(\gamma_{кр,j} + \gamma_{кр,j-1})(z_j - z_{j-1});$$

$$u_{кр,j} = \sum_{i=1}^j \Delta u_{кр,i}. \quad (1)$$

Приведённые ниже результаты расчётов получены в вычислительной среде MathCAD с исходными данными: материал трубы — сталь 20, показатели механических свойств:  $A = 748$  МПа,  $n = 0,15$ ,  $G = 77000$  МПа,  $\gamma_{02} = 0,0026$ , диаметр трубы  $d = 33$  мм, толщина стенки  $t = 3$  мм, длина зоны гибки  $z_{\rho^1} = 2 \dots 3d$ , кручение прямого участка заготовки  $\gamma_{пр}$  выражали через предельную упругую деформацию сдвига  $\gamma_{02}$ .

В результате перехода материала в пластическое состояние при  $z = 0$  деформация  $\gamma_{пр}$  порядка  $10^{-3}$  возрастает в несколько раз. На выходе из зоны гибки ее значения близки к  $r/R_0$  и практически неизменны в рассматриваемом диапазоне  $z_{\rho^1} = 2 \dots 3d$ . Рассчитанное уменьшение работы изгиба, вызванное кручением, составило 20...22%.

Рисунок 6 иллюстрирует расчёт холодной гибки трубы с кручением по заданным в 4-х сечениях относительным значениям кривизны изогнутой оси  $\kappa_j R_0$ .

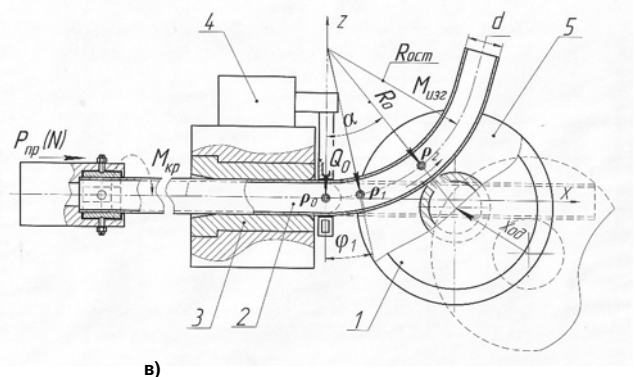


Рис. 5. Основные схемы гибки труб со скручиванием зоны перегиба: а) схема гибки труб намоткой, б) схема гибки труб поворотным рычагом, в) схема гибки труб проталкиванием



Рис. 6. Изменение кривизны оси трубы и деформации кручения в зоне гибки, где  $\kappa_j R_0$  — обобщённое обозначение дискретных значений (0; 0,1; 0,25; 0,55; 1,00) кривизны изогнутой оси, отнесённой к величине  $1/R_0$ ;  $z_{\rho^1}$  — координата  $z$  точки  $\rho^1$ ;  $z_j$  — координаты  $z$  точек, в которых относительная кривизна изогнутой оси  $\kappa_j R_0$  принимает значения 0; 0,1; 0,25; 0,55; 1,00.

Выходные данные расчёта относительной координаты  $z_j/z_{\rho^1}$  при  $\gamma_{пр} = \gamma_{02}$ ,  $z_{\rho^1} = 2d$  и  $R_0/d = 6$  представлены на кривой (рис. 6) жирной точкой (•).

Окончательный вид полиномов, соответствующих кривым, представленным на рис. 6:

$$\kappa(z) = \sum_{j=1}^4 a_{\kappa,j} \left(\frac{z}{z_{\rho^1}}\right)^j; \gamma_{кр}(z) = \gamma_{кр,0} \sum_{j=1}^4 a_{\gamma,j} \left(\frac{z}{z_{\rho^1}}\right)^j.$$

Интегрирование по  $z$  полученного выражения кривизны оси с подстановкой  $z = z_{\rho^1}$  даёт значение угла  $\varphi_1$  — наклона оси трубы на границе зоны гибки (показано на рис. 5).

Мгновенное приращение деформации  $\varepsilon_z$

$$d\varepsilon_z = (r \sin \alpha_{тек} + u_{кр} \cos \alpha_{тек}) \frac{d\kappa(z)}{dz} + \kappa(z) \frac{d}{dz} (u_{кр}(z) \cos \alpha_{тек}).$$

Относительное удлинение материального волокна трубы на выходе из зоны гибки в диапазоне  $0 \leq z \leq z_{\rho^1}$  может быть представлено уравнением:

$$\varepsilon_z = \int d\varepsilon_z dz. \quad (2)$$

На рис. 7 приведены графики функций  $\varepsilon_z$  (1) и (2) (верхняя и нижняя сплошные линии), рассчитанные по исходным данным (рис. 6), а также величины  $r \sin \alpha / R_0$  — относительного удлинения материального волокна при гибке трубы без кручения.

Экстремумы функций  $\varepsilon_z$  (1) и (2) смещены относительно плоскости гибки в направлении, обратном повороту сечений. Их значения по сравнению с гибкой без кручения отличаются примерно на 4% в большую и меньшую сторону, соответственно зонам растяжения и сжатия изгиба колена трубы.

Утонение стенки трубы зависит от величины относительного перемещения кручения  $u_{кр}/r$  и расстояния между местом «заделки» трубы — началом скручивания и местом изгиба ( $\rho^0 - \rho^1$ ) колена трубы. При этом величина относительной степени деформации в любом случае достаточна для её учёта, так как она гораздо больше той, что вызывают другие неучтённые факторы, например, смещение нейтральной линии относительно центра сечений трубы (1%) [9, 10], и превосходит эффективность деформации, полученную от градиентного нагрева (3%) при горячей узкозональной гибке труб [11].

В реальных условиях трубного производства известно: чем меньше расстояние между местом «заделки» трубы и местом перегиба ( $\rho^0 - \rho^1$ ) колена, тем больший вклад

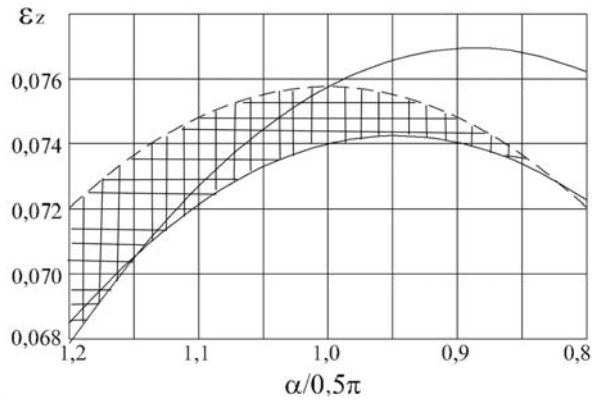


Рис. 7. Результаты расчёта деформаций  $\varepsilon_z$  в окрестностях их максимума:

$\varepsilon_z$  — линейная деформация в направлении оси  $z$ ; — — — график  $\varepsilon_z$  при изгибе с кручением; - - - — график  $\varepsilon_z$  без учёта кручения;

$\alpha$  — угловая полярная координата в формуле  $\varepsilon_z$  (1); # — область уменьшения утонения стенки трубы при гибке труб со скручиванием.

в уменьшение разностенности ( $s_{н}/s_{вн}$ ) сечения изгиба колена трубы вносит приращение величины деформации от скручивания, где  $s_{н}$  — толщина стенки колена трубы внешнего радиуса погиба,  $s_{вн}$  — толщина стенки колена трубы на внутреннем радиусе погиба.

Трубопроводы широко применяются в жидкостных ракетных двигателях (ЖРД) и уменьшение радиуса погиба колена трубы, как правило, ведёт за собой и уменьшение толщины стенки трубопровода, что способствует уменьшению всей его массы. На рис. 8 представлена типовая монтажная схема трубопроводной системы камеры ЖРД, в таблице — сравнительные характеристики радиусов изгиба колен традиционными и предложенными методами холодной монотонной гибки труб.

Исходя из того, что средняя стоимость доставки одного килограмма полезного груза на околоземную орбиту составляет порядка \$40 000 [12], уменьшение веса трубопровода на одном ЖРД дополнительно позволит увеличить полезный груз, только за счёт уменьшения радиуса погиба колен трубопроводов — на сумму \$104 520 и дополнительно на сумму \$480 000 за 12 кг экономии массы трубопровода (например, для ЖРД-0110Р), что в совокупности составит порядка \$584 520.

С учётом того, что количество ЖРД на ракетноносителе (РН) первой ступени составляет не менее четырёх (рис. 9), дополнительно можно вывести на орбиту массу полезного веса на сумму не менее \$2 338 080.

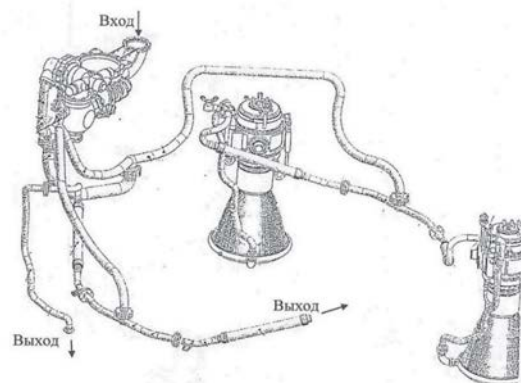


Рис. 8. Типовая монтажная схема трубопроводной системы камеры ЖРД

В качестве сравнительного примера — перевозка 1 кг груза полезной массы на РН Minotaur IV (орбитальной научной корпорации США) или на Space Launch System Lift Capabilities (рис. 9) составляют порядка \$88 000 [12, 13].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При холодной гибке труб можно управлять осевыми ( $\varepsilon_z$ ) и круговыми ( $\varepsilon_\theta$ ) деформациями, которые формируют профиль поперечного сечения колена трубы, а кручение повышает предельную деформацию материала трубы на 100%.

Приложенный к изгибаемой трубе крутящий момент реализуется силовыми или кинематическими средствами. Регулировка крутящего момента обеспечивает заданное числовое значение величине стенки трубы (утонение/утолщение), изгибаемой в колена. Кинематические средства осуществляются оборудованием с числовым программным управлением, которое поддерживает равным  $z_{p1}$  заданный угол поворота трубной заготовки  $u_{кр, p1}/r$  и поступательное перемещение трубы в зону гибки.

Предложенная инженерная методика расчета монотонной холодной гибки труб позволяет учитывать соотношение  $u_{кр, p1}/(rz_{p1})$ , отвечающее за потерю продольной устойчивости и пластическое деформирование прямого участка трубы до его прохождения через зону гибки.

Уменьшение радиуса погиба колена трубы позволяет существенно снизить массогабаритные размеры трубопровода.

**С. М. Вайцехович, А. И. Кузин, В. А. Корнилов, А. Ю. Журавлёв, ФГУП «НПО «Техномаш», Москва, Россия**

### Литература

1. ГОСТ 32388–2013 Трубопроводы технологические. Нормы и методы расчёта на прочность, вибрацию и сейсмические воздействия. Москва: Стандартинформ 2016.
2. Котов А. Н., Кривенко Г. Г., Вайцехович С. М. и др. Универсальный трубогибочный станок для изготовления трубных изделий многоколенной пространственной формы / Заготовительные производства в машиностроении. № 12. М.: Машиностроение, 2011. С. 31–35.



Рис. 9. Ракетноситель США Space Launch System Lift Capabilities

3. Вайцехович С. М., Кривенко Г. Г. Новое направление в технологии гибки трубопроводов / Вестник «НПО «Техномаш». 2016. № 1. С. 11–12.
4. Вайцехович С. М., Рубцов И. С., Кривенко Г. Г. Разработка технологии гибки трубопроводов скручиванием зоны изгиба / Заготовительные производства в машиностроении. Том 15. № 3. М.: Машиностроение. 2017. С. 111–114. ISSN: 1684–1107.
5. Вайцехович С. М., Муртазин Д. А., Вдовин С. И. Пластический изгиб и кручение при холодной гибке труб / Кузнечно-штамповочное производство — обработка металлов давлением (КШП-ОМД). 2021 № 6.
6. Гальперин А. И. Машины и оборудование для изготовления криволинейных участков трубопроводов. М.: НЕДРА, 1983. 203 с.
7. Вдовин С. И. Теория и расчеты гибки труб / М.: Машиностроение, 2009. 95 с.
8. Никитин, В. А. Проектирование станков холодной и горячей гибки труб. СПб.: ОАО «ЦТСС». 2011. 236 с.
9. Ренне И. П. Методика построения диаграммы пластичности путем испытания цилиндрических образцов в условиях совместного кручения и растяжения / И. П. Ренне, В. А. Огородников, В. Г. Нахайчук // Проблемы прочности. 1976. № 6. С. 142–145.
10. Аркулис Г. Э., Дорогобит В. Г. Теория пластичности: учебное пособие для вузов. М.: Металлургия, 1987. 352 с.
11. Долгополов М. И., Евсюков С. А. Определение утонения тонкостенных труб при гибке с узкозональным градиентным нагревом / Известия ТулГУ. 2019. № 5. С. 345–355.
12. [https://zen.yandex.ru/media/cosmos\\_news/skolko-stoit-dostavka-1-kg-gruza-v-kosmos-5c52ea11c4d55f00ae6c878b](https://zen.yandex.ru/media/cosmos_news/skolko-stoit-dostavka-1-kg-gruza-v-kosmos-5c52ea11c4d55f00ae6c878b).
13. <https://aboutspacejournal.net/2016/03/07/сравнительная-стоимость-запуска-пол/Журнал «Все о космосе»>.

Таблица. Сравнительные характеристики радиусов изгиба колен трубопроводов известными и предложенным со скручиванием способами гибки труб для одной единицы ЖРД

Материал трубных заготовок	Радиусы погиба трубопроводов					
	Получены известными способами гибки			Получены предлагаемым способом гибки труб со скручиванием		
	Исходные размеры труб D×s, мм	Кол-во гибов, шт. на одном трубопроводе	Радиусы погиба труб R (×D), мм	Радиусы погиба труб R (×D), мм	Экономия металла за счёт уменьшения радиуса погиба, кг	Выбор трубы, с учётом утонения гибки D×s, мм
1	2	3	4	5	6	7
12X18N10T	20×2	4	90 (4,5D)	50 (2,5D)	0,224	19×1,5
	22×2	1	55 (2,5D)	40 (1,8D)	0,072	21×1,5
	25×1	2	55 (2,2D)	50 (2D)	0,100	24×0,8
	27×1,5	4	70 (2,6D)	54 (2D)	0,122	–
	32×3,5	2	70 (2,2D)	54 (1,7D)	0,128	–
	38×1,5	6	186 (5D)	76 (2D)	1,409	–
	54×2	4	190 (3,5D)	150 (2,7D)	0,648	51×1,2
Экономия массы металла за счёт уменьшения радиуса погиба колен трубопроводов, кг					2,613	–
Экономия массы металла за счёт уменьшения поперечного сечения трубопроводов, кг					–	12,0

# ИССЛЕДОВАНИЕ РЫНКА 3D-ПЕЧАТИ: ШЕСТЬ ВАЖНЫХ ТЕНДЕНЦИЙ

Время — самый ценный товар сегодня. Высокая конкуренция и появление новых бизнес-моделей требуют ускорения циклов разработки для быстрого и гибкого внедрения новаторских идей. Благодаря новому, более эффективному оборудованию, высокой производительности, а также широкому выбору материалов технология 3D-печати экономит время и средства при разработке и производстве деталей.

За последние несколько лет международная компания по предоставлению производственных услуг **Jabil** спонсировала три исследования, касающиеся трендов 3D-печати, чтобы определить направление развития аддитивного производства и оценить современные реалии. В опросе, проведенном в 2021 году, участвовали более 300 человек, ответственных за принятие решений по 3D-печати в производственных компаниях. Респонденты работают в широком спектре отраслей, включая производство электроники, пластмасс и упаковки, промышленное машиностроение, автомобильную отрасль, здравоохранение и многие другие, что дает нам полное представление о рынке 3D-печати и о том, как используются аддитивные технологии.

## 1. СФЕРА ВНЕДРЕНИЯ 3D-ПЕЧАТИ СТРЕМИТЕЛЬНО РАСШИРЯЕТСЯ

Результаты двух последних исследований резко контрастируют с информацией, которая была получена в ходе первого опроса в 2017 году. В 2017 году самым популярным ответом на вопрос: «Для чего используется 3D-печать в вашей компании?» был ответ: «Для быстрого прототипирования». Семь из десяти респондентов подтвердили использование 3D-печати для этой цели. Остальные варианты ответов сильно отстают от первого: лишь трое из десяти опрошенных выбрали второй вариант (производство оснастки). С тех пор сферы применения 3D-печати значительно расширились.

Как используется 3D-печать

	НИОКР	Прототипирование	Оснастка	Комбинированное производство	Серийное производство	Ремонт и техобслуживание
2017	-	69%	30%	23%	27%	14%
2019	53%	66%	37%	39%	52%	38%
2021	73%	72%	57%	56%	62%	46%

JABIL

Наиболее популярной сферой внедрения 3D-печати стали НИОКР, опередившие прототипирование. С 2017 года доля компаний, использующих аддитивное производство для изготовления деталей и оснастки, удвоилась, а применение этих методов для серийного производства деталей выросло втрое. Почти 100% участников исследования ответили, что используют 3D-печать для производства функциональных или конечных деталей. Несомненно, масштабы их производства различаются. Почти 80% респондентов сообщают об использовании аддитивного производства для изготовления как минимум 25–50% функциональных деталей.

Совершенствование 3D-принтеров позволяет компаниям экспериментировать, используя аддитивные технологии в тех областях, где ранее они были недоступны.

Приблизительная доля деталей, производимых аддитивным способом

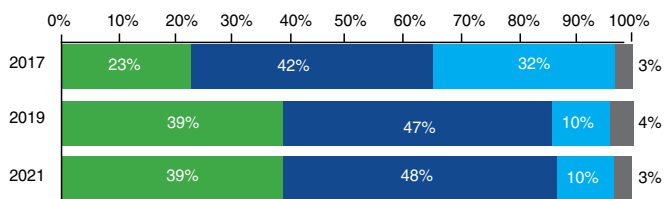
	Нет	Менее 10%	10–50%	Более 50%
2017	20%	44%	32%	4%
2019	4%	35%	49%	12%
2021	3%	19%	59%	19%

JABIL

## 2. РОСТ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА: ПРОГНОЗЫ КАК НИКОГДА ОПТИМИСТИЧНЫ

Перспективы развития 3D-печати крайне позитивны. Участники рынка уверены в значительном росте популярности технологии в будущем. 97% опрошенных полагают, что в ближайшие пять лет масштабы внедрения 3D-печати в их компаниях вырастут. Почти половина респондентов ожидает, что масштабы использования вырастут вдвое, а 4 из 10 — что увеличение будет куда более существенным (в 5 и более раз). Помимо роста популярности аддитивных технологий значительную роль в расширении их использования, как уже было сказано, сыграет их доступность. Самые высокие ожидания связаны с серийным производством деталей и товаров. Чуть больше 80% респондентов ожидают, что использование аддитивных технологий для серийного производства изделий в их организациях вырастет как минимум в два раза в течение следующих пяти лет.

Как может измениться использование 3D-печати в компании в ближайшие 2–5 лет?



Ожидание относительно использования 3D-печати

- Резкое увеличение (в 5 и более раз)
- Значительное увеличение (в 2 и более раз)
- Некоторое увеличение (не менее чем в двое)
- Без изменения

## 3. 3D-ПЕЧАТЬ ОТКРЫВАЕТ ПЕРЕД КОМПАНИЯМИ МНОЖЕСТВО ПРЕИМУЩЕСТВ

Во время первого исследования многие преимущества воспринимались как «неосозаемые» концепции. Однако за последние несколько лет вариантов применения стало больше, концепции стали реальностью, и спустя два года



респонденты еще больше вдохновились выгодами аддитивных технологий.

Возможно, рост популярности 3D-печати не является совпадением, а вызван повышенным спросом на аддитивное производство в период кризиса COVID-19. По мере распространения пандемии компании, располагающие 3D-принтерами, стали производить внезапно ставшие дефицитом средства индивидуальной защиты типа респираторов и масок. При разработке нового диагностического оборудования и комплектов для анализов использование 3D-печати позволило ускорить процесс прототипирования и проектирования.

Основные преимущества аддитивного производства согласно отзывам



В качестве главного преимущества аддитивного производства респонденты выбрали более быстрое изготовление деталей. Jabil убедилась в этом на собственном опыте: действительно, желание отказаться от трудоемкого итеративного процесса стало движущим фактором вне-

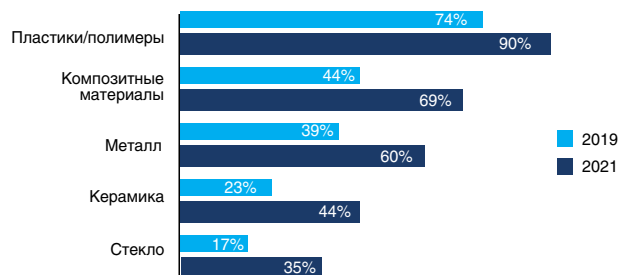
дрения аддитивного производства в работу предприятия в Оберн-Хиллз. Оно не только способствовало ускорению рабочих процессов, но и помогло сократить расходы благодаря возможности сразу воссоздавать точную геометрию (не нужно обрезать лишний материал). Фактически экономия составила 30–40% на оснастке и 80% — на сроках выполнения.

Согласно распределению по уровню должности, руководители высшего звена относятся более оптимистично к преимуществам 3D-печати, чем начальники отделов. Поскольку именно руководители формируют видение (и планируют бюджет) будущего компании, все указывает на дальнейшее распространение 3D-печати.

#### 4. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ СТАНОВЯТСЯ ДОСТУПНЕЕ

По сравнению с 2019 годом компании используют намного больше типов материалов для 3D-печати. Несмотря на то, что лидируют по-прежнему пластики/полиме-

Заметный рост наблюдается в применении всех типов материалов



100

**weldex 2011**  
россварка

20-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ  
ВЫСТАВКА СВАРОЧНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ, ОБОРУДОВАНИЯ  
И ТЕХНОЛОГИЙ

**12–15** | РОССИЯ  
ОКТАБРЯ 2021 | МОСКВА  
КРОКУС ЭКСПО

**ЗАБРОНИРУЙТЕ СТЕНД  
WELDEX.RU**

+7 (495) 799-55-85  
weldex@hyve.group

Официальная поддержка:

МИНПРОМТОРГ РОССИИ

ИМАГС

Квадрат

Генеральный информационный партнер:

Журнал «Сварочное производство»

Hyve

## Трудности, связанные с материалами для 3D-печати



2019	27%	47%	30%	27%	39%
2021	53%	49%	33%	30%	27%

JABIL

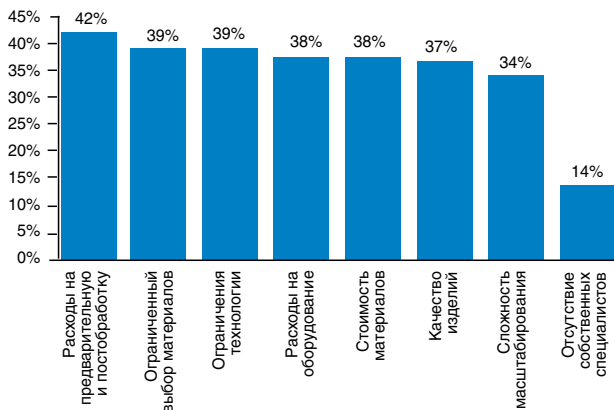
ры, другие материалы не сдают позиции и наверстывают упущенное.

Конечно, для использования некоторых материалов необходимо преодолеть ряд проблем. Более половины респондентов (что в два раза больше, чем в 2019 г.) отметили, что разработка необходимых материалов занимает слишком много времени. Чуть больше участников опроса заявили, что некоторые материалы слишком дороги для широкомасштабного использования, а также недоступны или не сертифицированы.

## 5. АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ — ВСЕ ЕЩЕ ИСТОЧНИК ПРОБЛЕМ

Несмотря на оптимистичный взгляд на развитие аддитивного производства, компаниям еще предстоит решить ряд проблем, связанных с 3D-печатью. В 2019-м половина респондентов рассматривала стоимость материалов как проблему, а в этом году такой ответ дали только около двух пятых. Все проблемы расслоились примерно на одном уровне: большинство из них колеблется на отметке 40%.

### С какими проблемами, связанными с 3D-печатью, сталкивается ваша организация?



При этом многие из текущих проблем связаны с затратами, поскольку 95% респондентов сообщили о финансовых барьерах для внедрения аддитивного производства. Получение соответствующей квалификации и сертификатов является главной проблемой, далее следуют капитальные расходы, связанные с оборудованием и потребностью в собственных специалистах.

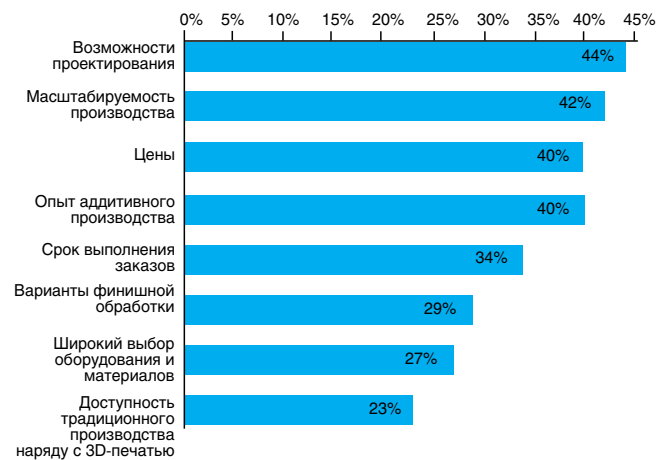
В 2021-м главной проблемой стали затраты на предварительную и постобработку. Компании используют все больше методов предварительной и постобработки. В 2019 году чуть более половины респондентов сообщили о применении механической обработки, сейчас же этот

показатель составляет почти три четверти, при этом самый распространенный вариант — это отказ от полировки. Учитывая, что использование всех методов обработки значительно увеличилось, возможно, компании испытывают трудности роста. Если этим проблемам и дальше уделять первостепенное внимание, то их удастся преодолеть.

## 6. ОБУЧЕНИЕ СПЕЦИАЛИСТОВ — ПРИОРИТЕТНАЯ ЗАДАЧА

Сейчас примерно три четверти респондентов занимаются аддитивным производством самостоятельно. Учитывая, что в половине случаев они выбрали в качестве проблемы отсутствие собственных специалистов, можно предположить, что компании уделяют приоритетное внимание обучению своих сотрудников по темам аддитивного производства или привлечению специалистов с опытом и знаниями в области 3D-печати.

### Важные факторы при выборе поставщика услуг 3D-печати (выбор не более трех вариантов)



Это не означает, что организации против передачи аддитивного производства на аутсорсинг: фактически почти 100% респондентов ответили, что они рассматривают этот вариант. При изучении потенциальных поставщиков компании принимают во внимание разнообразные критерии. Возможности по проектированию являются главным условием, а масштабируемость, цены и опыт работы продолжают этот список.

В некоторых сферах мы наблюдаем значительный рост внедрения 3D-печати. В других он пока небольшой. Четыре года назад компании задействовали 3D-принтеры в основном для быстрого и недорогого прототипирования: редкие предприятия полагались на аддитивные технологии для полномасштабного производства. Однако всего за четыре года, по мере решения проблем с материалами для аддитивного производства и увеличения сфер его использования, ситуация поменялась. Мы стали свидетелями того, как 3D-печать буквально покорила многие производственные отрасли, что отражается на росте рыночных показателей. Медленно, но верно внедрение аддитивного производства продолжается. За цифровым производством будущее.

Блог iQB Technologies, <https://blog.iqb.ru/>  
Источник материала: [jabil.com](http://jabil.com)

# ГИБРИДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

РАССМОТРЕНА АКТУАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА РАЗВИТИЯ И ВНЕДРЕНИЯ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА, ЗАКЛЮЧАЮЩАЯСЯ В ВЫСОКОЙ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ГОТОВОГО ИЗДЕЛИЯ. В СВЯЗИ С ЭТИМ ПОЯВЛЯЕТСЯ НЕОБХОДИМОСТЬ В ВВЕДЕНИИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ, ЧТО ПОСЛУЖИЛО ОСНОВАНИЕМ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ АДДИТИВНО-СУБТРАКТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА.

Гибридизация является одной из ведущих стратегий в разработке более гибких и эффективных производственных систем и процессов. В общем случае гибридизация рассматривается как сочетание традиционных и нетрадиционных процессов производства (обработки). С другой стороны, разрабатывается концепция гибридных систем обработки (производства), в которых два или более отдельных процесса обработки/производства объединяются в одну систему. В частности, в гибридных станках (например, токарно-фрезерных центрах) интегрированы различные операции обработки в рамках одной обрабатывающей платформы [1].

К основным направлениям применения гибридных аддитивных систем относят [2–4]:

- ремонт (восстановление) частей деталей и конструкций;
- отделка поверхностей деталей;
- прецизионно-гибридное аддитивное производство (АП) (обеспечение более жестких допусков за счет возможности выращивания и фрезерования каждой поверхности в одной и той же эталонной системе координат);
- изготовление изделий сложной конфигурации за один технологический цикл (уменьшение общего количества операций за счет исключения промежуточных (например, сборки, сварки, пайки));
- изготовление изделий с различным химическим составом и программируемой структурой.

В последнее время наблюдается новая тенденция развития гибридных производственных процессов, объединяющих аддитивные и субтрактивные процессы [4–8], выполняемые на одной гибридной производственной платформе, состоящей из многофункционального (многозадачного) станка с числовым программным управлением (ЧПУ) и аддитивного модуля и имеющей возможность автоматического 3D-сканирования и контроля размеров [9, 10]. В результате аддитивное

изготовление и финишная обработка детали осуществляются на одном станке без какой-либо дополнительной фиксации и транспортировки.

В [11] под понятием «гибридные процессы АП» понимают использование аддитивных технологий (АТ) совместно с одним или несколькими вторичными процессами или источниками энергии, которые синергетически влияют на качество деталей, функциональность и (или) производительность процесса.

Заметим, что в некоторых работах используют термин «интегрированная производственная система», понимая под этим группу машин, работающих вместе согласованным образом, увязанных системой управления материалами и органами управления (то есть органами управления, интегрированными производственными системами) для производства продукции.

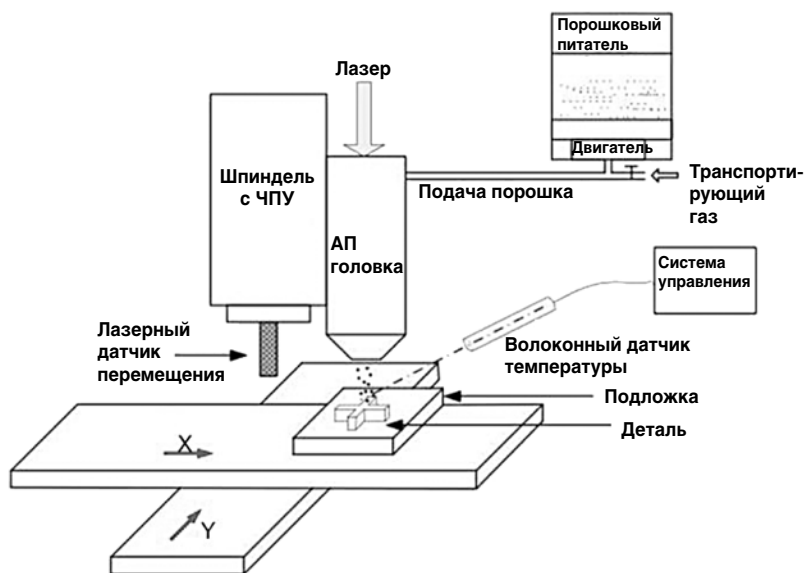


Рис. 1. Конструкция типowego гибридного станка, оснащенного фрезерным шпинделем и головкой для лазерной наплавки

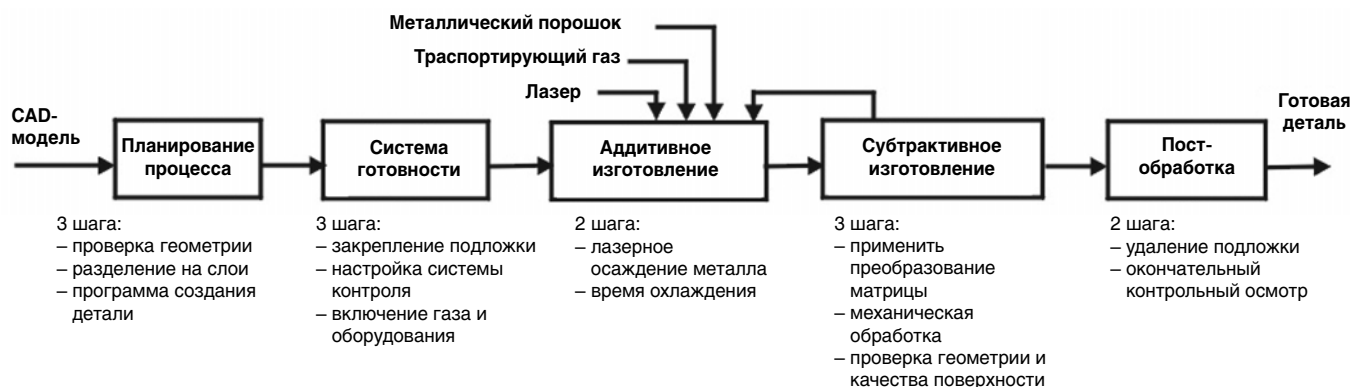


Рис. 2. Модель гибридного аддитивно-субтрактивного процесса после интеграции и оптимизации

Анализ литературных данных показывает, что АП на укромных изделиях из металлов и сплавов в большинстве случаев не обеспечивает требования чертежа по параметрам точности и качества поверхностного слоя. Поэтому эффективные технологии изготовления таких изделий в последнее время все чаще разрабатывают на основе концепции аддитивно-субтрактивного производства (ASM), позволяющей находить наиболее выгодное сочетание аддитивных и субтрактивных операций в интегрированном технологическом процессе [4, 6, 12, 13].

Субтрактивный компонент в гибридных аддитивно-субтрактивных процессах позволяет повысить точность конечных продуктов. Примером может служить применение операции фрезерования после осуществления суммарного послойного наращивания толщиной около 0,5 мм в машине Matsuura LUMEX Avance-25 компании Matsuura Machinery [14]. Далее наносится и фрезеруется следующий наращенный слой. Такая обработка минимизирует совокупный эффект от ошибок капельного осаждения материала.

Лучевые технологии, такие как лазерная наплавка, очень легко интегрируются с другими процессами и фрезерными станками с ЧПУ посредством установки наплавочной головки на ось Z фрезерного станка (рис. 1). Например, модернизированный 5-осевой фрезерный станок с лазерной наплавочной головкой Nd:YAG и блоком подачи порошка управляются системой расширенного ЧПУ-контроля. Аналогично процесс прямого лазерного осаждения (DMD) с использованием Nd:YAG-лазера, коаксиального порошкового сопла и системы оцифровки был интегрирован в 3-осевой фрезерный станок [15]. Модель гибридного аддитивно-субтрактивного процесса после интеграции и оптимизации представлена на рис. 2.

Гибридное аддитивное производство, которое сочетает преимущества аддитивного и субтрактивного производства, интегрирует АП в традиционную производственную цепочку с компенсацией его недостатков и ограничений.

Таким образом, если в конце XX — начале XXI веков интегрированное технологическое оборудование создавалось преимущественно на основе одного метода обработки (многоцелевые станки и обрабатывающие центры), то к настоящему времени созданы станки, позволяющие на одном рабочем месте использовать различные по сво-

ей природе процессы и методы воздействия на заготовку [16]. В таблице 1 приведена более общая классификационная модель гибридных технологий, основанная на различных комбинациях выполнения отдельных стадий обработки, основанных на различных методах (технологических переходах): АП — аддитивных, МО — механообработки, ГИП — горячего изостатического прессования, ФХМО — физико-химической обработки, НП — нанесения покрытий, ТР — технологии ремонта.

Наиболее известным подходом в области гибридного аддитивного производства была интеграция лазерной порошковой технологии (DED) в горизонтальный или вертикальный обрабатывающий центр, первые исследования были проведены в середине-конце 1990-х годов Клоке и Вирцем [28].

В таблице 2 представлена хронологическая шкала разработки и выпуска коммерческих гибридных систем, объединяющих технологию прямого подвода энергии и материала (DED) и субтрактивную механическую обработку [29].

За последние годы было представлено множество гибридных производственных систем, некоторые из которых могут быть доступны в качестве опции модернизации имеющегося оборудования либо в качестве нового комбинированного станка. Поскольку данная технология является мало исследованной, определить уровень ее технологической готовности и потенциала для производства изделий для таких требовательных отраслей, как аэрокосмическая и оборонная, не представляется возможным. Однако сочетание высокопроизводительной механической обработки с нанесением материала является достаточно актуальным при ремонте, отделке поверхностей деталей и в других целях.

Для реализации гибридных технологий в рамках единого процесса на одном рабочем месте создано соответствующее оборудование [4]. В гибридном производстве освоены изделия из следующих материалов: инструментальных и коррозионностойких сталей, титановых, никелевых и кобальтовых сплавов, бронз, полимеров, керамики [4, 5].

Следует отметить, что применение электронно-лучевой аддитивной технологии в интегрированной технологии производства рассматривалось разработчиками этого метода АП как одно из важнейших направлений развития и внедрения EBFF3 [27].

На возможность и эффективность изготовления легких геометрически сложных конструкций больших размеров и высокой точности с помощью последовательности операций аддитивного и субтрактивного производства, выполняемых на одном рабочем месте, указывается в работе [6].

Показано, что интеграция технологий аддитивного производства в единую технологическую цепочку способствует внедрению технологий АП в серийное производство [7]. Отмечается, что, несмотря на положительные результаты интеграции АП с традиционным производством изделий из металлов и сплавов, гибридные технологии пока не нашли столь широкого применения, как традиционные АТ.

Учитывая, что традиционное аддитивное производство требует сравнительно более длительного времени изготовления изделий, комбинирование аддитивного и субтрактивного процессов может помочь сократить время производства и изготовить точные детали с высоким

**Таблица 1. Виды гибридного производства изделий**

Комбинация процессов, методов	Достижимая цель
АП + ГИП [17, 18]	Улучшение микроструктуры и механических свойств материала.
АП + МО [4, 16, 19, 20]	Повышение точности и снижение шероховатости поверхности. Снижение технологической себестоимости изделия.
МО + АП [16]	Снижение эксплуатационных затрат, достижение заданной точности и механических характеристик. Повышение технико-экономической эффективности производства.
АП в ТР [8, 21]	
Комбинация различных технологий АП [22-24] АП + ФХМО [25-26]	Повышение качества поверхностного слоя.
АП + НП [27]	Повышение эксплуатационных свойств изделия.

Таблица 2. Хронологическая шкала разработки и выпуска коммерческих гибридных систем

Дата	Наименование процесса	Институт/компания	Тип оборудования	Положение обрабатывающей головки
1996	Combined Metal Build Up (CMB)	Fraunhofer Institute of Production Technology & Fraunhofer Institute of Laser Technology	3-координатный вертикальный станок	Закреплена со стороны шпинделя
1990-е	Laser Aided Manufacturing Process (LAMP)	University of Missouri	5-координатный вертикальный станок	Закреплена со стороны шпинделя
2000	Selective Laser Cladding (SLC) and milling	National Taiwan University of Science and Technology	3-координатный вертикальный станок	Закреплена оптика (отдельное место)
2004	Hybrid Manufacturing	Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH, Austria	5-координатный вертикальный станок	Закреплена со стороны шпинделя
2006	System and method for fabricating and repairing part	Southern Methodist University	Многокоординатный станок	Прикреплена к роботу
2008	Hybrid Manufacturing	De Montfort University & The Manufacturing Technology Centre	3-координатный вертикальный станок	В шпинделе, хранящемся в инструментальном магазине
Сентябрь 2013	Hybrid Manufacturing	Hamuel & Hybrid Manufacturing Technologies	Возможность дооснащения любой обрабатывающей платформы	В шпинделе, хранящемся в инструментальном магазине
Декабрь 2013	Hybrid Manufacturing	DMG Mori	5-координатный вертикальный станок	В шпинделе, хранящемся в собственном отсеке
Ноябрь 2014	Hybrid Multi-Tasking	Mazak & Hybrid Manufacturing Technology	5-координатный горизонтальный станок	В шпинделе, хранящемся в инструментальном магазине
Апрель 2015	Additive Manufacturing	WFL Millturn Technologies	5-осевой токарный станок с наклонной станиной	Неизвестно
Май 2015	LENS®	Optomec	Возможность дооснащения любой обрабатывающей платформы	Закреплена со стороны шпинделя
Июнь 2015	Hybrid Manufacturing	ELB & Hybrid Manufacturing Technologies	5-координатный станок для глубинного шлифования	Закреплена со стороны шпинделя

качеством поверхностного слоя. Во всем мире автомобильный сектор производит большой объем транспортных средств и требует многочисленных автокомпонентов. По прогнозам специалистов, в ближайшие годы данная отрасль предоставит множество возможностей для применения гибридных аддитивных систем.

Медицинский сегмент предположительно также будет расширяться с 2020 по 2027 год. Гибридные станки с аддитивными и субтрактивными процессами обладают огромным потенциалом в производстве биоразлагаемых медицинских имплантатов. Различные научно-исследовательские институты и университеты работают над исключением вторичного хирургического вмешательства при установке постоянных имплантов с целью извлечения спиц и винтов.

По состоянию на июнь 2020 года вендоры рынка АТ сосредоточены на разработке новых гибридных машин для АП, специально ориентированных на различные области применения. По оценке, представленной в отчете [30], в период с 2016 по 2027 год наибольшая прибыль ожидается в таких отраслях, как:

- аэрокосмическая отрасль;
- изготовление оснастки и пресс-форм;
- медицина.

При анализе прогноза по объему прибыли от применения гибридных аддитивных систем по странам

Глобальный рынок гибридных машин для аддитивного производства, по регионам: 2020–2027 гг.



Рис. 3. Диаграмма распределения прогнозируемой прибыли от применения гибридных аддитивных систем по странам



Рис. 4. Диаграмма спроса на материалы для гибридного производства на период с 2016 по 2027 год

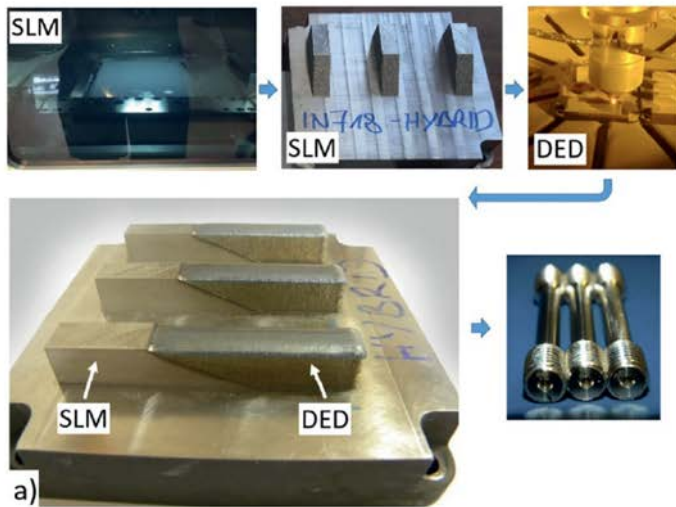


Рис. 5. Гибридный процесс изготовления образцов из Inconel 718 посредством технологий SLM и DED

видно, что лидирующие позиции в период 2020–2027 гг. займет Северная Америка, США и Европа (рис. 3).

По результатам исследований [30], применение титана как материала для гибридного производства обеспечило самую большую долю выручки в размере 38,0% в 2019 году, такая тенденция сохранится и в период с 2020 по 2027 год (рис. 4).

В [19] представлены экспериментальные результаты применения гибридного АП на основе селективного лазерного спекания (SLM) и прямого лазерного спекания металла (DMLS). Отмечалось, что детали штампа, изготовленные с использованием гибридного АП, можно использовать без дополнительной обработки.

В статье [22] показан гибридный производственный процесс изготовления биомедицинских имплантатов. Имплантаты в форме сетчатой структуры были изготовлены из металла с помощью SLM. Далее методом лазерной

стереолитографии (SLA) происходило заполнение структуры фотополимерным материалом. Таким образом, гибридный процесс с использованием двух технологий аддитивного производства позволяет получать композиционные материалы с различными функциональными и структурными свойствами.

В работе [23] показано, как функциональные детали могут быть произведены с помощью комбинации SLM с моделированием методом послойного наплавления (FDM). Более того, было продемонстрировано, что могут быть получены не только структуры «металл + полимер», но и сэндвич-структуры типа «металл + полимер + металл».

Гибридный процесс изготовления образцов из Inconel 718 с использованием двух аддитивных технологий: SLM и DED — также исследован в [31] (рис. 5).

В работе были получены как образцы с гибридной SLM/DED-структурой, так и образцы, выращенные по технологиям SLM и DED по отдельности, проанализированы их микроструктура и механические свойства (рис. 6). В результате было установлено, что выращенный по двум АТ образец обладает сложной и различной микроструктурой. Механические свойства в основном были обусловлены такими дефектами, как пористость и частицы фазы Лавеса, которые способствовали ослаблению части, выращенной по технологии DED. Для обеспечения требуемых механических свойств образца, полученного по гибридной аддитивной технологии, необходима хорошая связь между частями SLM и DED, в то же время процесс DED должен быть адаптирован для предотвращения осаждения  $\delta$ -фазы.

Сочетание технологий SLM и DED является важным условием при производстве крупногабаритных деталей с геометрически сложными структурами. Целесообразно объединить преимущества применяемых в работе технологий АП. Технология SLM позволяет изготавливать изделия точной формы с хорошими механическими свойствами, которые могут служить основой для быстрого построения более крупных деталей с помощью технологии DED. Хорошее сцепление между частями изделия имеет решающее значение для обеспечения прочности гибридной детали.

Гибридное аддитивное производство на порошковой основе реализовано в основном в лазерных технологиях. Показано, что технологии SLM (EOS © DMLS) и DED

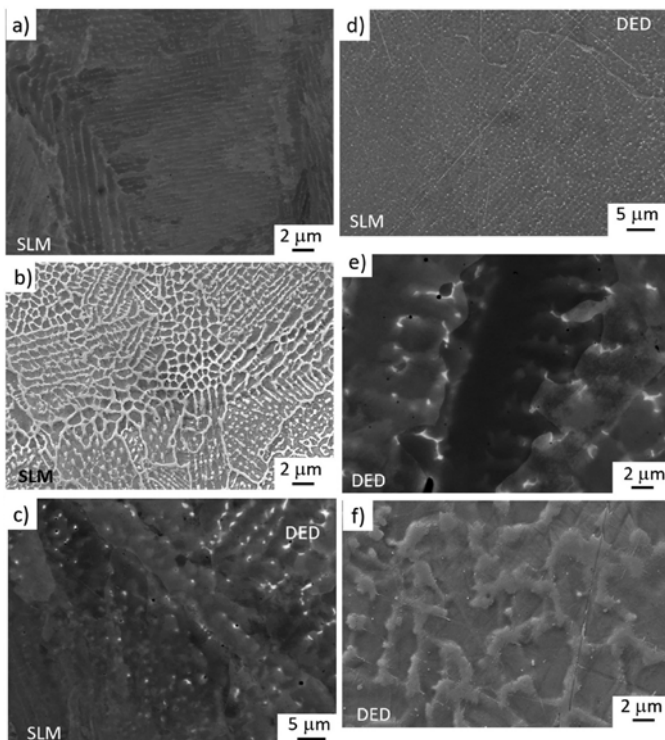


Рис. 6. Микроструктуры образцов из Inconel 718 по технологиям: а-б) SLM; с-д) участок соединения; е-ф) DED.

могут быть эффективно использованы для гибридного аддитивного производства стальных компонентов сложных крупногабаритных штампов с системой внутренних каналов охлаждения [5, 19]. Часть подложки может быть изготовлена традиционным субтрактивным методом, а верхняя часть с внутренней системой охлаждающих каналов — аддитивным.

Авторами работы [5] проведены статистические исследования в базе данных Science Direct, которые показали, что по тематике гибридного АП опубликовано относительно небольшое число работ, несмотря на значительный интерес к этой области технологий и сформированный рынок оборудования данного функционального назначения. Авторы не обнаружили данных об использовании технологии селективного электронно-лучевого сплавления (СЭЛС) (EBM) в гибридном АП, поскольку этот процесс, по их мнению, все еще недостаточно исследован и является слишком сложным для печати на какой-либо другой подложке, кроме стандартной строительной платформы. В [24] описан инновационный технологический процесс изготовления архитектурных микроструктур путем соединения аддитивного производства и искрового плазменного спекания. Показано, что этот процесс эффективен для создания архитектурных микроструктур из титановых сплавов. Успешно изготовлены две различные микроструктуры с архитектурой Ti–Ti: одна — объединяющая две различные партии порошков сплава Ti6Al4V, отличающихся содержанием кислорода, и вторая — объединяющая сплав Ti6Al4V с технически чистым Ti. Для обоих композитов наблюдались различные микроструктуры и твердость в решетке и в матрице. Этот процесс открывает новые возможности для достижения сложных архитектурных микроструктур при использовании одного и того же или различных материалов для решетки и порошка.

Один из видов гибридных аддитивных процессов, в котором в качестве вторичного источника энергии для абляции или эрозии верхнего слоя осажденного материала используется лазер или электронный луч (рис. 7), рассмотрен в статье [11].

Абляция между наращенными слоями — это полностью связанный бесконтактный процесс, который синергетически влияет на производительность и качество изготовления деталей. Как и в случае применения аддитивно-субтрактивных технологий, с помощью процесса абляции посредством удаления материала могут быть получены точные поверхности с требуемой шероховатостью. Кроме того, эта технология может быть применена в микрообработке межслойных элементов при АП.

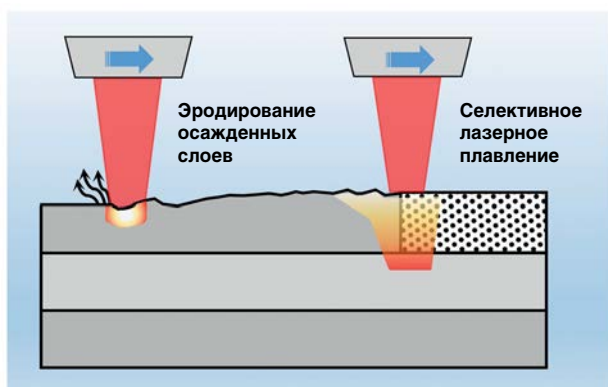


Рис. 7. Гибридный аддитивный процесс путем абляции или эрозии

В работе [32, 33] исследован гибридный аддитивный процесс методом абляции нержавеющей стали AISI 316L с использованием технологии SLM в сочетании с импульсным Q-переключаемым Nd:YAG-лазером ( $k\lambda$  1094 нм) для селективной лазерной эрозии. Используя этот подход, можно улучшить точность в направлении построения детали (z-направления) за счет уменьшения толщины слоя или удаления неровностей. Авторами отмечено, что снижение шероховатости достигало 50%.

Одним из недостатков методов послойного построения изделий из порошковых материалов является необходимость в добавочной операции пневмоабразивной очистки, которая не всегда эффективна. В [25] для снижения шероховатости поверхности предложено использовать электрохимическое полирование изделий после АП.

Для этой же цели используют операцию лазерно-плазменного полирования, которая позволяет равномерно оплавить тонкий поверхностный слой, исключить некоторые дефекты и существенно снизить шероховатость [26].

Гибридный аддитивный процесс, основанный на применении плазменной дуги (ПТА) и вспомогательного лазера (рис. 8) для высокоскоростного осаждения крупногабаритных титановых деталей с профилем, близким к заданному, рассмотрен в [34, 35].

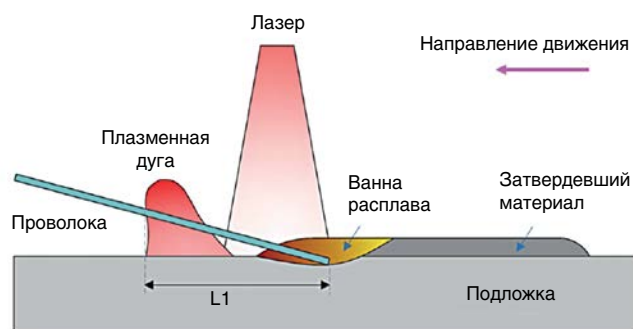


Рис. 8. Схема гибридного процесса ПТА — лазер

В процессе изготовления деталей посредством системы ПТА–лазер может быть достигнута более высокая скорость осаждения по сравнению с использованием только технологии ПТА или только лазерных процессов. Повышенная скорость осаждения объясняется расширенным распределением энергии и размером ванны расплава, что позволяет повысить скорость плавления проволоки, улучшить микроструктуру и уменьшить пористость [11].

Однако гибридный процесс ПТА–лазер имеет ограничения с точки зрения эффективности процесса осаждения, что приводит к высокому коэффициенту переплава из-за переизбытка энергии по осевой линии осаждения. Для улучшения коэффициента переплава была предложена концепция использования двух лазерных источников, расположенных по обе стороны от ПТА [34] (рис. 9).

Одним из перспективных направлений исследований является получение композиционных изделий методами послойного электронно-лучевого сплавления и ионно-плазменного напыления [27]. Суть такой технологии заключается в сплавлении электронным лучом тугоплавких металлических порошков с получением заданной формы и последующем нанесении металлических и керамических материалов покрытий с помощью электронно-

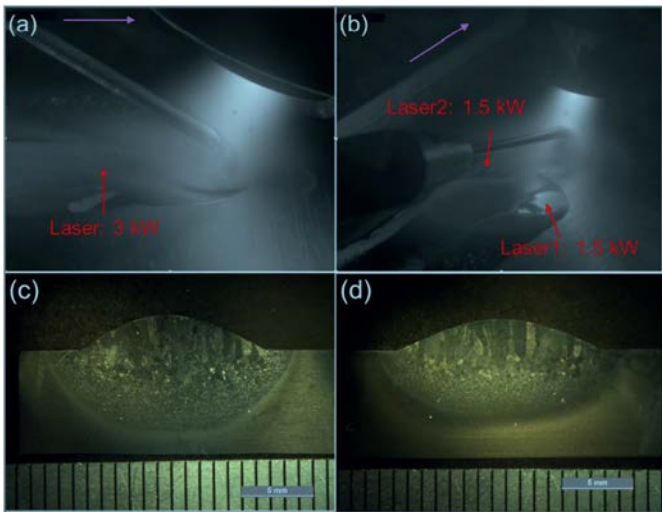


Рис. 9. Процесс осаждения с помощью: а) РТА (200 А) и одного лазера (3 кВт); б) РТА (200 А) и двух лазеров (1,5 кВт мощность каждого лазера); в) и д) показывают поперечное сечение осажденных валков, полученных с помощью процессов, описанных в (а) и (б) соответственно.

но-лучевого испарения и конденсации в вакууме (ионно-плазменное осаждение).

На рис. 10 показана поверхность образца, полученного методом послойного электронно-лучевого синтеза из порошка титанового сплава ВТ6, последующего электронно-лучевого напыления металлического слоя из сплава NiCoCrAlY и наружного керамического слоя из оксидов циркония и иттрия ( $ZrO_2 + 8\% Y_2O_3$ ). Как видно, наружная поверхность образца имеет мелкозернистую структуру, формируемую в результате конденсации паров. Шероховатость поверхности подложки, полученной при послойном электронно-лучевом синтезе поверхности, определяет характерную морфологию конечной поверхности в связи с относительно небольшой толщиной покрытия (технологическая наследственность).

Подобные технологии позволяют получить детали горячей части энергетических машин из относительно легкого титанового сплава, способных работать при более высоких температурах из-за наличия жаростойкого (барьерного) поверхностного слоя. С применением предложенной интегрированной технологии возможно изготовление деталей сложной конфигурации. Можно также

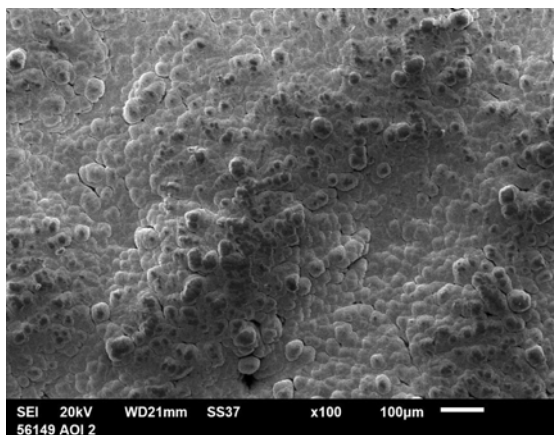


Рис. 10. Микрофотография поверхности образца многослойного материала, полученного методом СЭЛС с нанесенным на него покрытием

сформировать сложные композиции из металлических и керамических материалов, которые трудно получить другими способами. Отмечается, что технологии СЭЛС (ЕВМ) с использованием смешанных порошков, включая добавление керамического нанопорошка в металлический порошок, могут эффективно использоваться для производства композитных гибридных мультиматериалов [36, 37].

Создание технологий и оборудования для выращивания изделий и нанесения покрытий методами послойного электронно-лучевого синтеза и электронно-лучевого вакуумного напыления позволит увеличить ресурс и достичь высоких эксплуатационных характеристик высоконагруженных деталей и узлов ракетных комплексов, авиационных двигателей и наземных газотурбинных установок.

Гибридное аддитивное производство с использованием методов поверхностного упрочнения является недостаточно изученной и освещенной в литературе областью исследований.

Первое упоминание о поверхностном упрочнении относится к патентной заявке, поданной в США в 1991 году под названием «Способ и устройство для изготовления трехмерных металлических изделий методом наплавки». Аналогичные патенты были поданы в Европе и Канаде. Ученые рассматривали дробеструйную обработку части последовательно наращенных слоев во время осаждения металла в целях уменьшения остаточных напряжений, приводящих к искажению и расслоению. В 2012 году немецкая компания GMBH подала заявку на патент, удостоверяющий использование ультразвуковой ударной обработки, прокатки, лазерной ударной обработки и дробеструйной обработки для упрочнения отдельных участков 3D-печатных лопаток турбин. С тех пор другие компании, такие как General Electric Co., United Technologies Corp., Bae Systems и Lawrence Livermore, подали аналогичные патенты в период с 2014 года по 2016 год. Позднее, в 2017 году, в Лозанне (Швейцария) была подана еще одна заявка на патент, сочетающий лазерное ударное упрочнение и SLM [11].

Лазерная ударная обработка (LSP) может быть применена к любой аддитивной технологии изготовления деталей. Процесс упрочнения происходит послойно или с частотой, кратной количеству слоев. После лазерной обработки слоя осаждается следующий или набор слоев, и цикл повторяется до завершения построения изделия (рис. 11). Было установлено, что упрочнение каждого десяти слоев имеет более глубокие остаточные напряже-

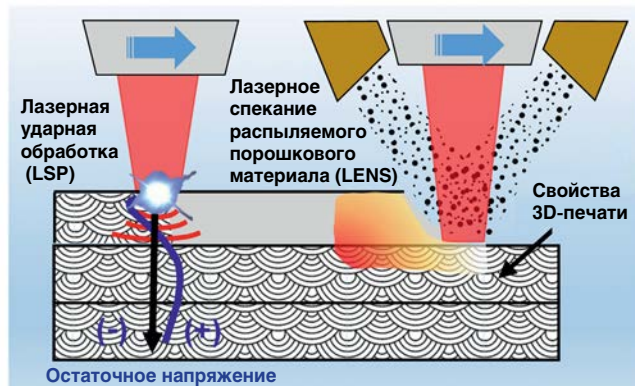


Рис. 11. Гибридный аддитивный процесс с LSP [11]



ния, чем упрочнение каждого или трех слоев при 80% перекрытии.

Принципиально аналогичный LSP механизм взаимодействия с материалом имеет технология импульсного лазерного осаждения (PLD). В работе [38] отмечается рост использования импульсных лазеров в аддитивном производстве. Мощные импульсные лазеры уже много лет используются для печати тонких слоев материала на подложке [39–40]. При воздействии импульсного лазера на порошок происходит быстрый нагрев и испарение, сопровождающиеся образованием плазменного шлейфа (рис. 12). Плазменный шлейф создает ударную волну, которая пластически деформирует поверхность во время спекания. Главное отличие технологии PLD от метода LSP заключается в том, процессы выращивания и обработки в PLD осуществляются посредством единого лазерного источника.

На рис. 13 схематически представлена ультразвуковая ударная обработка (UP), также применяемая в гибридных аддитивных системах и способствующая снятию остаточных напряжений и микроструктурному измельчению зерен. С помощью UP можно улучшить усталостные, коррозионные и трибологические характеристики образцов. Использование UP — это недорогое, быстрое и простое решение для улучшения свойств практически любого процесса АП. Группа ученых из университета Кларксона исследовала такое послойное упрочнение деталей, полученных по SLM-технологии [42]. Результаты показали, что гибридное производство с применением метода UP способно повысить предел текучести и усовершенствовать микроструктуру сплавов Inconel и нержавеющей стали.

Еще одним классом гибридных процессов АП, улучшающих качество поверхности образцов, являются прокатка и полировка (рис. 14). Применение гибридного аддитивного процесса в сочетании с методом прокатки решает две ключевые проблемы аддитивного производства. Во-первых, наложение валиков или слоев приводит к неточностям в размерах выращиваемой детали. Прокатка может нивелировать некоторые из этих неточностей без удаления материала. Во-вторых, нежелательные остаточные напряжения, возникающие в процессе выращивания, способствуют деформации или искаже-

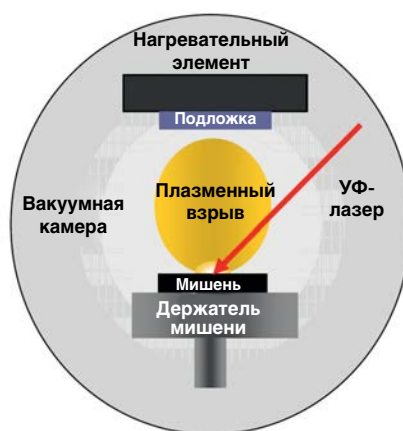


Рис. 12. Технология импульсного лазерного осаждения (PLD) [41]: а) схематическое изображение процесса PLD; б) фотография процесса PLD.



нию конечного изделия. Несмотря на то, что посредством предыдущих упрочняющих обработок поверхности снимаются внутренние напряжения, прокатка обеспечивает как релаксацию напряжений, так и формование для обеспечения точности размеров без удаления материала. Метод прокатки предпочтителен для случаев обработки, где прокатка может эффективно деформировать поверхность или где требуется измельчение зерна на больших площадях поперечного сечения [11].

Другим перспективным направлением является гибридная АТ с применением фрикционной обработки. В работе [43] получены образцы из металлической проволоки сплавов Ti-6Al-4V, AA5056 и С11000 диаметром 1–1,2 мм по технологии электронно-лучевого плавления с подачей проволоки в ванну плавления (ЭЛПП). Гибридное получение образцов осуществлялось последовательно аддитивным методом ЭЛПП с последующим применением фрикционной обработки.

В результате проведенных исследований установлено, что технология ЭЛПП обладает рядом недостатков, приводящих к образованию в структуре материала полученных образцов дефектов, связанных с неоднородностью процесса или несоответствием параметров требуемым значениям. Фрикционная обработка позволяет получать изделия с более высокими механическими свойствами и более однородной структурой металла. Дефекты, возникающие при изготовлении по технологии

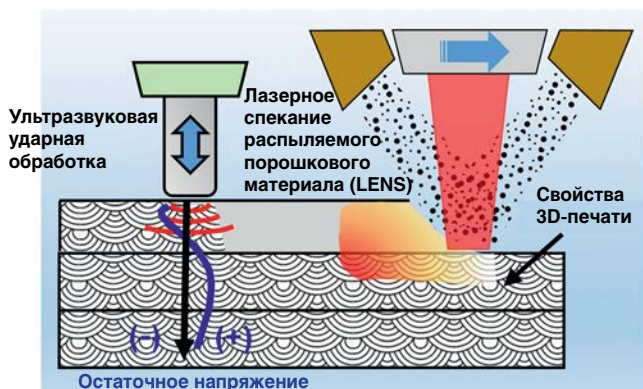


Рис. 13. Гибридный аддитивный процесс с UP [11]

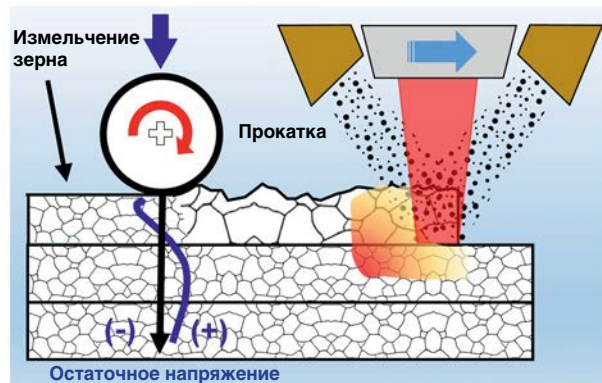
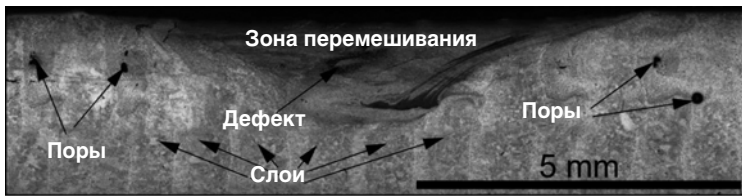
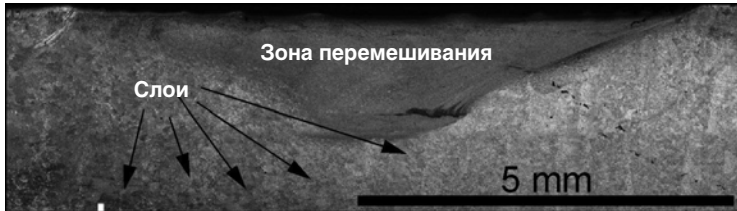


Рис. 14. Гибридный аддитивный процесс в сочетании с методом прокатки



а) Структура дефектного образца из алюминиевого сплава AA5056, полученного по технологии ЭЛПП с последующей фрикционной обработкой



б) Структура бездефектного образца из алюминиевого сплава AA5056, полученного по технологии ЭЛПП с последующей фрикционной обработкой

Рис. 15. Структура образца, полученного по технологии ЭЛПП с последующей фрикционной обработкой

ЭЛПП, успешно устраняются фрикционной обработкой, а их влияние на механические свойства нивелируется (рис. 15). Однако получить сложные фасонные детали фрикционной смесительной обработкой невозможно, и без аддитивной технологии она крайне неэффективна для этих целей.

В [44] отмечалась перспективность работ по созданию интегрированных систем для производства изделий в вакууме. Многие из проектов, разрабатываемых в этом направлении, не опубликованы из-за режима секретности. Так, компания Sciaky сообщила о применении сдвоенного процесса, основанного на применении технологий ЭЛПП (EBAM) и электронно-лучевой сварки. При необходимости и определенной модернизации оборудования можно будет, на наш взгляд, интегрировать такие технологии, как ионно-плазменное нанесение покрытий, электронно-лучевую перфорацию, резку, и реализовать другие процессы, протекающие в вакууме.

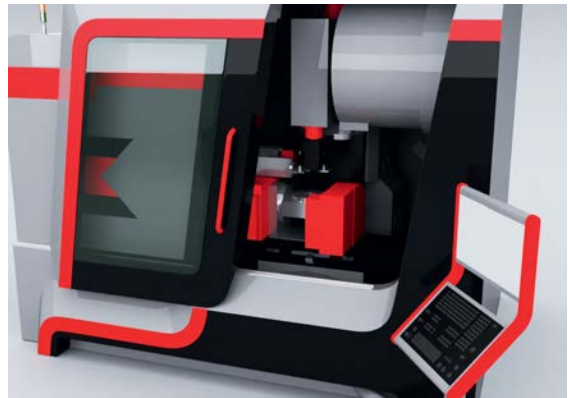
Следует ожидать, что гибридные технологии и оборудование EBW и EBAM с высоким уровнем интеграции появятся на более высоком уровне космических исследований и реальной космической индустрии.

Отметим, что дополнительные рабочие операции, такие как предварительный нагрев, модификация, сварка или термообработка, могут быть реализованы в процессе аддитивного производства и, таким образом, уменьшат роль узкого места — откачки вакуумной камеры [45].

Одним из общих преимуществ DED-технологий по сравнению с PBF-методами является возможность печати на различных носителях. Это может быть другой материал, а также неплоская поверхность. Это позволяет применять DED-методы для ремонта дорогостоящих компонентов, например, в аэрокосмической промышленности. В [46] отмечается, что из-за низкой точности, эффекта ступенчатой лестницы и плохой обработки поверхности, даже в условиях использования высокоточных компонентов для подачи проволоки в АП, с подачей проволоки необходимо использовать интегрированные 3D-фрезерные системы. Периодическое фрезерование после осаждения материала на некоторую высоту требуется для получения высокоточных компонентов. При этом увеличивается время технологического цикла и снижается коэффициент использования материала, увеличиваются издержки производства. Эффективная стратегия фрезерования в гибридном процессе должна разрабатываться на основе гео-



а) Внешний вид



б) Модель зоны построения

Рис. 16. Обрабатывающий центр IZH N800

метрической информации исходных 3D-компонентов [47].

В настоящее время на мировом рынке разработана и представлена довольно широкая номенклатура оборудования, объединяющего аддитивные, субтрактивные и другие технологии обработки поверхностного слоя деталей.

Ключевыми производителями гибридных аддитивных производственных машин являются такие компании, как Optomec, SLM Solutions Group AG, DMG Mori Corporation Ltd., Stratasys Ltd., Siemens AG, Matsuura Machinery Corporation, Okuma America Corporation and Mazak Corporation.

Стоит отметить, что недостаточно внимания уделено следующей российской разработке в области гибридного АП:

АО «Концерн «Калашников» — группа предприятий, выпускающих не только стрелковое вооружение, но и специализированные комплексы военного и гражданского назначения, такие как дистанционно управляемые боевые модули, беспилотные летательные аппараты, многофункциональные катера специального назначения, продукцию для космической отрасли [48].

В рамках международного военно-технического форума «Армия–2020» концерном «Калашников» представлен первый произведенный в России высокотехнологичный 5-осевой гибридный фрезерно-наплавочный обрабатывающий центр IZH N800 (рис. 16), сочетающий аддитивные технологии и механическую обработку. Работы по его созданию велись совместно с Министерством промышленности и торговли РФ и Фондом развития промышленности.

Гибридный станок состоит из трех крупных модулей [48]:

- 5-осевого фрезерного станка со специальным ограждением кабинного типа, обеспечивающим защиту оператора во время процесса наплавки и при обработке деталей резанием (в него также входит система аспирации);

- контактной измерительной системы, интегрированной в магазин станка;

- наплавочного лазерного комплекса, состоящего из головки, базовой станции наплавки, системы подачи порошка, вспомогательных систем, обеспечивающих процесс наплавки, а также манипулятора, осуществляющего автоматическую установку наплавочной головки.

В обрабатывающем центре IZH H800 сочетаются технологии лазерной наплавки металлического порошка и 5-осевой фрезерной обработки, позволяющая изготавливать детали и сборочные единицы сложной геометрической формы массой до 300 кг и габаритами 600×500×500 мм.

ООО «СТАН» также ведется проработка концепции нового гибридного станка, в котором будет совмещена наплавляющая головка для прямого лазерного выращивания (DED/DMD) и традиционная механообработка. Планируется попеременно вводить операции выращивания и фрезерования для того, чтобы обрабатывать поверхности, которые будет трудно или невозможно обработать после. Внешне гибридный станок будет представлять собой пятикоординатный фрезерный обрабатывающий центр с подвижно-поворотным столом диаметром 800 мм и встроенной роботизированной рукой для подачи и вывода ее из зоны обработки. Идея состоит в том, чтобы без изменения самой конструкции аддитивной части ее можно было встраивать и в другие станки производства «СТАН», от небольших до порталных [49].

В целях совместной реализации комплексного проекта по разработке и выводу на рынок промышленного оборудования для гибридной аддитивной технологии была учреждена группа компаний «Гибридное аддитивное производство», производственно-инжиниринговый консорциум промышленных предприятий, инжиниринговых компаний и высших учебных заведений. «Гибридным аддитивным производством» созданы обрабатывающие центры комплексной аддитивной наплавки с использованием плазменного источника нагрева, позволяющие изготавливать металлические окончательно обработанные детали, получаемые посредством гибридной аддитивной наплавки с применением металлической проволоки [50] (рис. 17).

Наплавка, послойное деформационное упрочнение (проковка) и фрезерная обработка осуществляются для следующих металлических материалов:

- конструкционные стали;
- коррозионностойкие стали и сплавы;

Таблица 3. Параметры обрабатывающих центров

Параметры	Плазменная наплавка
Габаритные размеры выращиваемых деталей, мм	Без ограничения
Диаметр применяемой присадочной проволоки, мм	1,0–2,4
Ширина стенки без осцилляции, мм	3–12
Коэффициент использования материала, %	98–100
Способ подачи материала	аксиальный/боковой
Производительность: — кг/ч — см³/ч	до 20 до 2500 (для стали)
Толщина наплавляемого слоя за один проход, мм	0,2–3,5
Необходимость предварительного подогрева	нет
Пористость материала, %	для алюминия — до 0,5% для сталей — до 0,1%
Припуски, мм	1–3

- жаропрочные стали и сплавы;
- титановые сплавы;
- алюминиевые сплавы;
- магниевые сплавы;
- бронзы и др.

Обрабатывающие центры комплексной аддитивной наплавки предназначены для мелкосерийного и единичного промышленного производства изделий по технологии наплавки с использованием плазменного источника нагрева. В оборудовании применены уникальные плазмотроны собственной разработки «Гибридного аддитивного производства», а также собственные способы и режимы наплавки, в том числе не имеющие аналогов.



а) Вертикально-обрабатывающий центр AT-1400



б) Основание станка AT-1400



в) Вертикально-обрабатывающий центр AT-2600

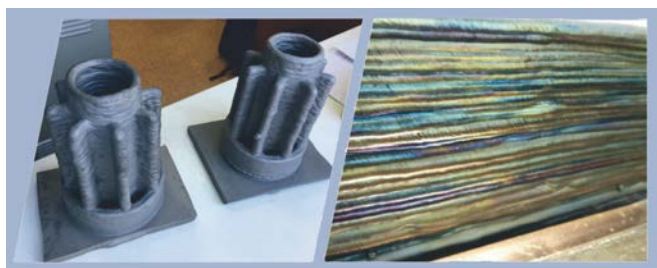


г) Основание станка AT-2600

Рис. 17. Обрабатывающие центры группы компаний «Гибридное аддитивное производство»



а) Фланец из нержавеющей стали для нефтяной и химической промышленности



в) Корпусные изделия

Рис. 18. Детали, получаемые на обрабатывающих центрах группы компаний «Гибридное аддитивное производство»

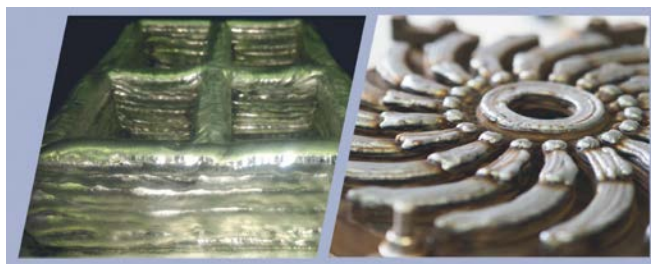
Некоторые общие параметры обрабатывающих центров представлены в **таблице 3** [50].

Примеры конфигураций изделий, изготавливаемых на обрабатывающих центрах комплексной аддитивной наплавки, показаны на **рис. 18**.

Спрос на гибридные аддитивные производственные машины в аэрокосмической промышленности растет быстрыми темпами в силу предъявления высоких требований к производству ответственных металлических изделий сложной конфигурации посредством процессов аддитивного формообразования. Аэрокосмические конструкционные решения предусматривают легкие, но в то же время прочные компоненты, способные эффективно работать в условиях повышенных нагрузок и температур, что и создает спрос на гибридное оборудование. Кроме того, в азиатских странах, включая Китай, Индию и Южную Корею, также наблюдается высокий спрос на гибридное оборудование ввиду наличия большого количества производителей бытовой техники, электроники и автомобилей [51].

В то время как аэрокосмическая и автомобильная промышленность являются пионерами гибридной технологии производства, гибридное производство может стать оптимальным решением для различных медицинских применений. Когда гибридные производственные системы еще не были разработаны, комбинирование АТ и последующей механической обработки медицинских деталей уже широко использовалось. Однако с появлением гибридного производства высокоточное протезирование и изготовление зубных имплантатов для конкретного пациента стало еще быстрее и дешевле [52].

Гибридное АП потенциально еще более выгодно при применении в области ремонта и технического обслуживания. Одним из примеров может служить компания General Electric, использующая гибридные технологии производства для ремонта лопаток турбин. Благодаря гибридной обработке изношенные элементы и поврежденные части лопаток турбин могут быть восстановлены с



б) Деталь типа оребренная стенка (образцы из алюминиевых сплавов)

точными допусками путем нанесения на требуемую поверхность нового материала и последующей механической обработки. Это не только исключает необходимость в производстве новой детали с нуля, но и сокращает количество операций, необходимых для ремонта изделия. Такой подход не был бы экономически эффективен при использовании исключительно традиционных методов производства, таких как литье [52].

По мере появления все большего числа гибридных АП-машин возникает необходимость в оценке экономической эффективности этих систем для планирования технологических процессов. В работе [53] разработана экономическая модель для определения оптимального размера партии, обрабатываемость и стоимость материалов, геометрию деталей и требования к допускам для аддитивных и субтрактивных технологий. Для обоснования применения гибридных аддитивных процессов требуется больший объем экономического анализа и экономических инструментов [11].

Таким образом, суммируя и обобщая данные, изложенные в настоящей статье, можно заключить, что использование мощного теплового источника для плавления исходного материала в сочетании с механической обработкой позволило разработать и применить в промышленном производстве концепцию аддитивно-субтрактивного производства. Гибридная технология АП обеспечивает преимущества как аддитивных, так и субтрактивных процессов в одной машине. Эта технология помогает преодолеть различные проблемы в традиционных методах производства, такие как низкая производительность, ограниченность дизайна конструкции и погрешности размеров, одновременно нивелируя отклонения свойств поверхностного слоя получаемых изделий.

**Е.В. Краснова, Б.П. Саушкин**  
Московский политехнический университет

## Литература

1. Grzesik W. Hybrid additive and subtractive manufacturing processes and systems: A re-view / Journal of Machine Engineering, 2018, Vol. 18, No. 4. PP. 5–24.
2. Norfolk M. The top 5 reasons hybrid additive manufacturing make sense. 2018/ www.fabrisonic.com
3. Hudson R. Hybrid system combines additive and subtractive manufacturing. www.mitsuiiseiki.com.
4. Yamazaki T. Development of a hybrid multitasking machine tool: Integration of additive technology with CNC machining / Proc. CIRP. 42. 2016. PP. 81–86.
5. Vladimir V. Popov Jr., Fleisher A. Hybrid additive manufacturing of steels and alloys, Manufacturing Rev. 7, 6. 2020. 9 p.
6. Merklein M., Junker D., Schaub A., Neubauer F. Hybrid additive

- manufacturing technologies — an analysis regarding potentials and applications / *Phys. Procedia* 83. 2016. PP. 549–559.
7. Strong D., Kay M., Conner B. et al. Hybrid manufacturing — integrating traditional manufacturers with additive manufacturing (AM) supply chain / *Addit. Manuf.* 21. 2018. PP. 159–173.
  8. Pranievicz M., Kurfess T., Saldana C. Adaptive geometry transformation and repair for hybrid manufacturing / *Procedia Manufacturing*. 26. 2018. PP. 228–236.
  9. Grzesik W. *Advanced machining processes of metallic materials*. Amsterdam, Elsevier. 2017. 608 p.
  10. Zhu Z., Dhokia V.G., Nassehi A., Newman S.T. A Review of hybrid manufacturing processes / *Int. J. Comp. Integr. Manuf.* 26. 2013. PP. 596–615.
  11. Michael P. Sealy, Robert E. Williams et al. Hybrid Processes in Additive Manufacturing / *Journal of Manufacturing Science and Engineering*. Vol. 140. 2018. 17 p.
  12. Warfield B. Hybrid Machining: Combining Additive and Subtractive in One Machine. 2014. Available at: <https://blog.cnccookbook.com/2014/08/18/hybrid-machining-combining-additive-subtractive-one-machine/>
  13. Краснова Е.В., Саушкин Б.П. Аддитивное формообразование изделий из металлов и сплавов пучком электронов. Селективное плавление (часть 1) // *Аддитивные технологии*. 2021. № 1. С. 12–23.
  14. <https://extxe.com/3882/gibridnye-additivnye-tehnologii-i-oborudovanie/>
  15. Nagel J.S., Liou F.W., Hybrid manufacturing system. Design and development / *Manufacturing Systems*. 2012. Chapter 11. PP. 223–246.
  16. Manogharan G., Wysk R., Harrysson O., et al. AIMS — A metal additive-hybrid manufacturing system: system architecture and attributes / *Procedia Manuf.* 1. 2015. PP. 273–286.
  17. Leon, G.K. Levy, T. Ron, A. Shirizly, E. Aghion, The effect of hot isostatic pressure on the corrosion performance of Ti-6Al-4V produced by an electron-beam melting additive manufacturing process, *Addit. Manuf.* (2020) 101039.
  18. Wu, M.W.; Lai, P.H. The positive effect of hot isostatic pressing on improving the anisotropies of bending and impact properties in selective laser melted Ti-6Al-4V alloy. *Mater. Sci. Eng. A* 2016, 658, 429–438.
  19. Z.C. Oter et al. Benefits of laser beam based additive manufacturing in die production / *Optik*. 176. 2019. PP. 175–184.
  20. Beaucamp, A.T.; Namba, Y.; Charlton, P.; Jain, S.; Graziano, A.A. Finishing of additively manufactured titanium alloy by shape adaptive grinding (SAG). *Surf. Topogr. Metrol. Prop.* 2015, 3, 024001.
  21. Wanjara P., Gholipour J., Bescond C. et al. Characteristics of Ti6Al4V repair using electron beam additive manufacturing / *Proceedings of NATO-STOAVT-258 Specialists' Meeting on Additive Manufacturing for Military Hardware*, 16–1–16–1427, Tallinn, Estonia, 2016.
  22. Silva M., Felismina R., Mateus A. et al. Application of a hybrid additive manufacturing methodology to produce a metal/polymer customized dental implant / *Procedia Manuf.* 12. 2017. PP. 150–155.
  23. Chueh Y.— H., Wei C., Zhang X. et al. Integrated laser-based powder bed fusion and fused filament fabrication for three-dimensional printing of hybrid metal/polymer objects. *Addit. Manuf.* 31. 2020. 100928.
  24. Martin G., Fabregue D., Mercier F. et al. Coupling electron beam melting and spark plasma sintering: A new processing route for achieving titanium architectural microstructures / *Scripta Materialia*. 122. 2016. PP. 5–9.
  25. Wu, Y.-C., Kuo, C.-N., Chung, Y.-C. et al. Effects of electropolishing on mechanical properties and bio-corrosion of Ti6Al4V fabricated by electron beam melting additive manufacturing / *Materials*. 12 (9). 2019. [1466].
  26. Чирков А.М., Рыбалко А.П., Рогольский Ю.И. и др. Патент РФ 2381094. Способ лазерно-плазменного полирования металлической поверхности / Опубликовано: 10.02.2010. Бюл. № 4.
  27. Соколов Ю.А., Равилов Р.Г. Получение композиционных изделий на базе методов электронно-лучевого плавления и напыления // *Электрофизические и электрохимические методы обработки*. 2016. № 1 (91) С. 12–17.
  28. Klocke, F. and H. Wirtz, *Direct Manufacturing of Metal Prototypes and Prototype Tools*, A. Fraunhofer Institute of Laser Technology. 1996. PP. 140–148.
  29. Lorenz, K.A., Jones, J.B., Wimpenny, D.I., Jackson, M.R. A review of hybrid manufacturing / *Solid Freedom Fabrication Conference Proceedings*. Vol. 53. 2015. PP. 96–108.
  30. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/hybrid-additive-manufacturing-market>
  31. Godeca M., Maleja S., Feizpour D. et al. Hybrid additive manufacturing of Inconel 718 for future space applications / *Materials Characterization*. Vol. 172. 2021. 16 p.
  32. Yasa, E., Kruth, J. P., and Deckers, J. Manufacturing by Combining Selective Laser Melting and Selective Laser Erosion/Laser Re-Melting / *CIRP Ann.— Manuf. Technol.* 60 (1). 2011. PP. 263–266.
  33. Yasa, E., and Kruth, J.P. Investigation of Laser and Process Parameters for Selective Laser Erosion, *Precis. Eng.*, 34 (1). 2010. PP. 101–112.
  34. Wang C., Suder W., Ding J. et al. Wire based plasma arc and laser hybrid additive manufacture of Ti-6Al-4V / *Journal of Materials Processing Technology*. Vol. 293. 2020, 117080.
  35. Qian, Y., Huang, J., Zhang, H., and Wang, G. Direct Rapid High-Temperature Alloy Prototyping by Hybrid Plasma-Laser Technology / *J. Mater. Process. Technol.* 208 (1–3). 2008, PP. 99–104.
  36. Kopyug A., Bäckström M., Botero C. et al. Developing new materials for electron beam melting: experiences and challenges / *Mater. Sci. Forum*. 941. 2018. PP. 2190–2195.
  37. Kopyug A., Rännar L.— E., Botero C. et al. Blended powders can be successfully used in Electron Beam Melting yielding unique material compositions / *EuroPM2018 Proceedings, EPMA, Shrewsbury*. 2018.
  38. Gibson, I., Rosen, D. W., and Stucker B. *Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing* / 2nd ed., Springer, New York. 2015. 498 p.
  39. Lunney, J.G. Pulsed Laser Deposition of Metal and Metal Multilayer Films / *Appl. Surf. Sci.* 86 (1). 1995. PP. 79–85.
  40. Boyd, I.W. Thin Film Growth by Pulsed Laser Deposition / *Ceram. Int.* 22 (5). 1996. PP. 429–434.
  41. Koch C.F., Johnson S. Pulsed laser deposition of hydroxyapatite thin films / *Materials Science and Engineering*. 27 (3). 2007. PP:484–494.
  42. Gale, J., Achuthan, A., and Don, A.U. Material Property Enhancement in Additive Manufactured Materials Using an Ultrasonic Peening Technique / *Solid Freeform Fabrication Symposium (SFF)*, Austin, TX. 2016. PP. 8–10.
  43. Chumaevskii A.V., Gusarova A.V., Gurianov D.A. et al. Precondition for the use of hybrid additive-thermomechanical technology / *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 681. 2019. 8 p.
  44. Моргунов Ю.А., Саушкин Б.П. Аддитивные технологии для космической техники // *Аддитивные технологии*. 2016. № 1. С. 6–15.
  45. Fuchs J., Schneider C., Enzinger N. Wire-based additive manufacturing using an electron beam as heat source / *Welding in the World, Le Soudage Dans Le Monde*.— 2018. Vol. 62 (1–4). 9 p.
  46. Ding D., Cuiuri D., Pan Z., Li H. Wire-feed additive manufacturing of metal components: technologies, developments and future interests / *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2015. 81 (1–4). PP. 465–481.
  47. Suryakumar, S., Karunakaran, K.P., Bernard, A. et al. Weld bead modeling and process optimization in Hybrid Layered Manufacturing / *CAD Comput. Aided Des.* 2011. 43. PP. 331–344.
  48. <https://kalashnikovgroup.ru>
  49. <https://stan-company.ru>
  50. <https://gibridat.ru/>
  51. <https://www.gminsights.com/industry-analysis/hybrid-additive-manufacturing-machines-market/>
  52. <https://amfg.ai/2018/07/10/hybrid-technology-the-future-of-manufacturing/>
  53. Manogharan, G., Wysk, R. A., and Harrysson, O. L.A. Additive Manufacturing—Integrated Hybrid Manufacturing and Subtractive Processes: Economic Model and Analysis / *Int. J. Comput. Integr. Manuf.* 29 (5). 2016. PP. 473–488.

# АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМЕ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Актуальными направлениями развития аддитивных технологий в РФ и за рубежом являются [1]:

- разработка новых материалов и совершенствование методов испытаний механических, технологических и структурных свойств изделий, полученных с применением аддитивной технологии;
- разработка новых и совершенствование известных аддитивных технологий;
- разработка и совершенствование программного обеспечения класса CAD, CAM, CAE для обеспечения потребностей аддитивного производства на всех этапах подготовки производства;
- разработка и развитие системы стандартов для аддитивного производства;
- подготовка кадров для аддитивного производства.

Отмеченные направления развития аддитивных технологий соотносятся с семью мероприятиями, включенными в «Комплексный план мероприятий по развитию и внедрению аддитивных технологий в Российской Федерации до 2025 года» [2]. По данным аналитического исследования группы «Деловой профиль» [3], доля РФ на мировом рынке производства и внедрения аддитивных технологий (АТ) составляет 2%, что соответствует 11 месту в рейтинге. При этом отмечается, что за период с 2011 по 2019 год рынок 3D-печати в РФ увеличился в 10 раз; доля отечественного оборудования к 2019 году составила 42%. Отмечается [3], что одним из сдерживающих факторов внедрения АТ в производства в РФ является отсутствие кадров.

Цель данной статьи — обзор и анализ известных примеров внедрения аддитивных технологий в систему подготовки молодых кадров для аддитивного производства, основанный на мировой практике и практике российских колледжей и вузов.

Построение системы образования, в частности, разработка новых образовательных программ основывается на потребности производства. Потребность производства может быть связана с поддержкой существующего производства; с созданием нового производства, основанного на традиционных технологиях; с созданием и развитием нового производства, основанного на внедрении инновационных технологий. Наиболее важной характеристикой инновационной технологии является повышение эффективности действующего производства. Под эффективностью понимается получение дополнительной ценности (прибыли, опережения, лидерства и т.п.). Аддитивные технологии в полной мере могут быть названы инновационными технологиями, с учетом, что при определенной степени сложности изготавливаемой детали сложность перестает влиять на ее стоимость (рис. 1). Овладев инновационной технологией в совершенстве, становится возможным успешно ее применять и получать при этом дополнительный эффект, например, экономический.

Аддитивные технологии являются мультидисциплинарной предметной областью, что приводит к необходимости организации теоретического и практического образования в аддитивном производстве для студентов или специалистов предприятий [5, 6]. По мере того, как уве-

личиваются объемы рынка аддитивного производства [3], аддитивные технологии проникают в образование; начинают появляться образовательные программы, направленные на подготовку молодых кадров — специалистов среднего звена (техников), бакалавров и магистров.

По мнению авторов работы [4], образование в области аддитивного производства должно включать в себя следующие аспекты:

- определение значимых показателей для аддитивного производства с учетом экономических и технических аспектов;
- понимание аддитивных технологий производства;
- применение аддитивных правил проектирования;
- подготовка 3D-модели к аддитивному изготовлению;
- разработка и применение методов постобработки;
- разработка и применение методов обеспечения качества.

Каждый из перечисленных аспектов связан с освоением достаточно большого объема теоретических и практических знаний. В свою очередь, это приводит к появлению моделей внедрения аддитивного производства в сферу образования. Приведем несколько из известных моделей [4, 7, 9, 10, 11]:

- преподавание аддитивного производства как отдельной общеобразовательной дисциплины, включенной в образовательную программу подготовки бакалавров либо магистров;
- преподавание аддитивного производства как отдельного односеместрового модуля, включающего в себя набор дисциплин; модуль включен в образовательную программу подготовки бакалавров;
- преподавание аддитивного производства основано на проблемно-ориентированном подходе [8] либо проектно-ориентированном подходе [9] и совмещено с односеместровым обучением в рамках образовательной программы подготовки бакалавров;
- преподавание аддитивного производства представлено в виде полноценной семи- либо восьмисеместровой образовательной программы подготовки бакалавров [10];

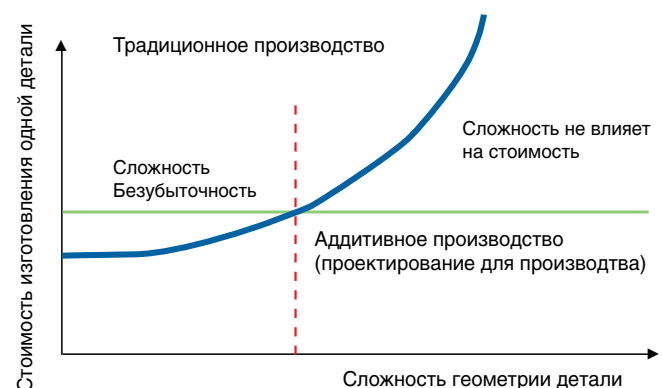


Рис. 1. Рентабельность в аддитивном производстве [4]

Таблица 1

Страна	Количество университетов, предлагающих программы подготовки по аддитивному производству	
	бакалавриат	магистратура
США	216*****	6*
Великобритания	124*****	41**
Германия	7*****	4**
Ирландия	5*****	2**
Италия	1*****	1**
Швеция	2*****	4**
Испания	1*****	1***
Турция	9*****	1**
РФ	10****	11****
Австралия	17*****	1**
Китай	7*****	2**

Примечание:  
 \* по данным сайта <https://www.gousa.study>  
 \*\* по данным сайта <https://www.findamasters.com/masters-degrees>  
 \*\*\* по данным сайта <https://eddm.es/en/master-3d-printing-advanced-manufacturing/>  
 \*\*\*\* по данным сайта <https://postupi.online/>  
 \*\*\*\*\* по данным сайта <https://www.bachelorsportal.com/>

— преподавание аддитивного производства осуществляется в рамках узкоспециализированной одно- либо двухгодичной образовательной программы магистратуры [11–14];

— применение аддитивных технологий для поддержки преподавания одной либо нескольких дисциплин, включенной в образовательную программу бакалавриата [4].

География университетов, предлагающих одну из выше представленных моделей преподавания, представлена в **таблице 1**.

Анализ представленных в **таблице 1** результатов поиска образовательных программ бакалавриата, связанных с аддитивными технологиями, показывает, что аддитивные технологии представлены в трех- либо четырехгодичных программах бакалавриата зарубежных вузов отдельными дисциплинами, модулями либо семестровыми курсами. От образовательной программы к образовательной программе меняется форма преподавания; совмещение с проектными подходами в обучении и направленность программы в целом: включение либо исключение специализации у молодого специалиста — выпускника бакалавриата.

Приведем несколько примеров построения обучения аддитивным технологиям в бакалавриате.

1. Фрайбергский технический университет (Германия) [15].

Университет предлагает 7-семестровую образовательную программу «Аддитивное производство: технология, материалы, проектирование». В течение первых двух семестров студентам предлагается освоить общеинженерные дисциплины и поддерживающие дисциплины (высшая математика, физика и т.п.), начиная с 3-го семестра в учебный план включаются специализированные дисциплины в области аддитивных технологий. По мере движения студента от третьего до шестого семестра степень вовлеченности в профессиональную подготовку увеличивается до 100%. Седьмой семестр образовательной программы посвящен производственной практике (17 зачетных единиц) и подготовке/защите выпускной квалификационной работы бакалавра (12 зачетных единиц).

2. Обернский университет (Auburn university, г. Оберн, Алабама, США) [16].

В Обернском университете студенты традиционной четырехлетней образовательной программы бакалавриата могут дополнить свое образование дополнительным образованием — образованием по аддитивному производству. Дополнительное образование предоставляется структурным подразделением данного университета — Национальным центром передового опыта в области аддитивного производства инженерного колледжа Сэмюэля Джинна. Данный колледж входит в структуру университета. Студенты могут получить сертификат по аддитивному производству, пройдя три связанных курса в качестве технических факультативов.

3. Массачусетский технологический институт (MIT, г. Кембридж, США) [17].

MIT предлагает модель начального обучения аддитивным технологиям, сходную с Обернским университетом: платный онлайн 12-недельный курс «Additive Manufacturing for Innovative Design and Production» об основах, областях применения и бизнес-моделях аддитивных технологий для проектирования и производства.

4. Университет прикладных наук г. Цюрих (Швейцария) [4].

Преподавание аддитивного производства основано на проблемно-ориентированном подходе [4] и совмещено с односеместровым обучением в рамках образовательной программы подготовки бакалавров по направлению «Машиностроение». Подготовка молодых специалистов направлена на инновационный и интегрированный процесс разработки продукта. В дополнение к знанию классических методов проектирования и конструирования деталей машин с самого начала у студентов поощряется творческий подход и изобретательство. Отрабатываются навыки владения современными программами САХ, 3D-Experience, а также навыки в области новых производственных технологий, например, 3D-печати. В рамках семестрового командного проекта, оцениваемого в 4 зачетные единицы, делается попытка применения аддитивных технологий для проверки правильности разработки. Составной прототип позволяет дать ответ на вопросы о размере, конструкции, эргономике и допущенных просчетах. Поощряются навыки решения проблем, творческий подход, мотивация и коммуникативные способности студентов. Студенты моделируют работу стартапа, работая над своим проектом. Получив такой опыт, студенты возвращаются к основному процессу обучения и из курса лекций узнают больше об аддитивном производстве, находят ответы на вопросы о своих неудачах при выполнении проекта.

5. Московский политехнический университет (РФ) [18].

Университет предлагает 8-семестровую образовательную программу «Аддитивные технологии», направленную на подготовку молодых специалистов имеющих специализацию в области аддитивных технологий. Выпускники программы владеют инструментами и методами ТРИЗ, что позволяет им находить решения задач, связанных с поиском причин возникновения проблем при



Рис. 2. Схематичное представление структуры образовательной программы «Аддитивные технологии»

реализации технологии, эксплуатации оборудования, изготовлении готового изделия. Программа бакалавриата построена так, что студент с первого курса вовлекается в профессиональную сферу деятельности через дисциплины, через проектную деятельность и через ежегодную практику (рис. 2).

Программа «Аддитивные технологии» направлена на отработку универсальной технологической компетенции в области аддитивного производства, основанной на знаниях и навыках применения цифровых технологий (3D-сканирование, 3D-моделирование, 3D-печать); знаниях и умении проводить углубленный анализ технологии и конструкции оборудования для поиска узких мест и формирования концепций новых решений для их последующей инженерной проработки; знаниях и умениях оценки экономической рентабельности внедрения аддитивных технологий. Первый выпуск программы бакалавриата «Аддитивные технологии» состоялся в 2018 году; в настоящее время студенты учатся на первом–четвертом курсах и планируется новый набор студентов в 2021 году.

Отметим еще один очень распространенный аспект внедрения аддитивных технологий в высшем образовании на уровне бакалавриата — применение аддитивных технологий для поддержки преподавания одной либо нескольких дисциплин из одной предметной области.

Таблица 2

Дисциплина	Объекты, изготавливаемые с применением аддитивных технологий
Анатомия	Модели дыхательных путей, кости, сердце, легкие, хирургическая модель гортани и т.п.
Искусство	Модели культурного наследия
Биохимия	Макромолекулярные структуры
Химия	Атомная структура, кристаллы, кристаллическая структура, молекулярные структуры, орбитали, р-орбитальные изоповерхности и т.п.
Стоматология	Модели протезов, хирургические шаблоны и т.п.
Наука о Земле	Цифровые модели местности
Математика	Геометрические модели
Палеонтология	Элементы анатомии вымерших животных и т.п.
Физика	Механизмы, детали приборов и т.п.
Зоология	Образцы морской биологии

Дисциплины, в которых применяют аддитивные технологии для обеспечения их преподавания [9] в зарубежных вузах, представлены в таблице 2.

Переход на следующую ступень высшего образования — магистратуру приводит к тому, что образовательные программы по аддитивному производству преобразуются и становятся узконаправленными; их количество изменяется в сравнении с программами бакалавриата (таблица 1). В РФ за период с 2018 года наметился рост программ магистратуры по аддитивным технологиям. И если в 2018 году вузами РФ предлагались только 3–4 программы в магистратуре, то в 2021 году — 11. По географическому расположению вузов, предлагающих программы магистратуры, лидирует Москва, далее следует Санкт-Петербург, Самара, Новосибирск и др.

Модель построения образовательной программы магистратуры у всех вузов РФ практически одна и та же: выделить предметную область, составить перечень дисциплин, обеспечивающих студента необходимым объемом знаний, навыков и умений, достаточных для написания магистерской диссертационной работы и имеющих практическую ценность и теоретическую значимость для студента. Приведем несколько примеров построения магистратуры по аддитивным технологиям в вузах РФ и за рубежом.

1. Университет Ноттингем (The University of Nottingham, г. Ноттингем, Великобритания) [19].

Университет предлагает одногодичную образовательную программу магистратуры «Additive Manufacturing and 3D Printing», обеспечивающую глубокие знания и понимание технологий аддитивного производства. В результате освоения программы студенты получают навыки, необходимые для:

- оценки возможности применения технологий аддитивного производства;
- применения технологий при реализации проектов;
- проектирования устройств с применением аддитивного производства;
- выполнения индивидуальных исследовательских проектов;
- рецензирования, анализа и представления научных результатов.

2. Европейская ассоциация ведущих университетов, предприятий и исследовательских центров (EIT Manufacturing (EITM), г. Париж, Франция) [20].

EITM является частью Европейского института инноваций и технологий (EIT). EITM предлагает двухгодичную программу «Аддитивное производство для полной гибкости» (Additive Manufacturing for Full Flexibility), которая является программой двух дипломов.

Образовательная программа «Аддитивное производство для полной гибкости» — это изучение технологий производства, в том числе физики процессов аддитивного производства; техническое проектирование, включая методы проектирования, применяемые при разработке индивидуализированных продуктов и услуг; управление производством, включая гибкость, применяемую в производстве малых серий.

Особенность образовательной программы связана с моделью ее реализации: первый год обучения студенты проводят в одном из университетов — Aalto University (Aalto), Финляндия, University of Applied Sciences and Arts of Southern Switzerland (SUPSI), Швейцария, Politecnico di Milano (POLIMI), Италия; второй год обучения — Aalto University (Aalto), Финляндия, Technische Universität Wien



(TU Wien), Австрия, University College Dublin (UCD), Ирландия.

3. Уппсальский университет (Uppsala University, г. Уппсала, Швеция) [21].

Двухгодичная образовательная программа по аддитивному производству данного университета предоставляет возможность получить теоретические знания процессов аддитивного производства и 3D-печати, а также практические навыки их применения для решения реальных проблем.

Процесс обучения включает в себя лекции, практические занятия, семинары и проекты. Большую часть времени студенты затрачивают на самостоятельную работу, направленную на освоение образовательной программы. Самостоятельная работа выполняется студентами либо индивидуально, либо в учебной группе, но за пределами аудиторий. Поэтому важную роль играет самоорганизация своего обучения. Программа реализуется на английском языке.

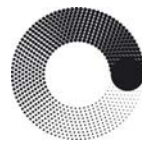
4. Московский политехнический университет (РФ) [22].

Университет предлагает двухлетнюю образовательную программу магистратуры «Аддитивное производство», направленную на подготовку специалистов (магистров) в области быстрого изготовления пресс-форм, штампов, инструмента с применением аддитивных технологий (Rapid tooling). Подготовка магистров основана на получении теоретических знаний и практических навыков в области исследования и оптимизации процессов изготовления изделий с применением аддитивных технологий, топологической оптимизации и бионического дизайна и т.п. Большое внимание в образовательной программе отводится изучению современных программных комплексов, применяемых в области аддитивных технологий.

5. Сколковский институт науки и технологий (РФ) [23].

Сколтех реализует магистерскую программу «Передовые производственные технологии», направленную на разработку и внедрение новых моделей проектирования и производства, основанных на компьютерном моделировании, применяемом для разработки передовых материалов, конструкций и инженерных систем с увеличенным жизненным циклом, механическими и физическими характеристиками, востребованными в высокотехнологичных отраслях. Программа создана для подготовки нового поколения исследователей, инженеров и практиков, ориентированных на последующую исследовательскую и инновационную деятельность в секторе высоких технологий.

Колледжи, относящиеся к системе среднего профессионального образования (СПО), также предлагают образовательные программы, ориентированные на подготовку молодых кадров в области аддитивного производства. Преподавание аддитивного производства представлено в виде полноценной образовательной программы подготовки молодых специалистов среднего звена — техников (среднее профессиональное образование). В 2021 году по данным сайта <https://postupi.online/> в разных регионах РФ 25 колледжей планируют принять студентов на образовательную программу «Аддитивные технологии» направления подготовки 15.02.09 «Аддитивные технологии». Такое единое название колледжей основано на том, что существует принятый федеральный государственный образовательный стан-



**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 участков ковки, 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  
Сайт: <https://old.mospolytech.ru/index.php?id=883>

дарт (ФГОС) по направлению 15.02.09 «Аддитивные технологии», определяющий регламент подготовки техников по аддитивным технологиям в колледжах. Первая версия ФГОС была принята в 2015 году примерно в одно время с выходом профессионального стандарта 40.159 «Специалист по аддитивным технологиям». В Москве первый выпуск техников по направлению 15.02.09 состоялся в 2020 году в колледже предпринимательства № 11. Некоторые из молодых специалистов поступили в московские вузы на родственную образовательную программу, в частности, в Московский политехнический университет. В настоящее время ведутся работы по внесению изменений в ФГОС СПО. В 2020 году на сайте <https://profstandart.gosmintrud.ru/> опубликовали обновление профессионального стандарта «Специалист по аддитивному производству», в котором обновлен уровень квалификации 5 и появились дополнительные уровни квалификации (6, 7).

В эти уровни квалификации внесено дополнение в требование к образованию и обучению — добавлено высшее образование: бакалавриат и магистратура. Таким образом, выпускники бакалавриата и магистратуры вузов по профильным образовательным программам имеют возможность трудоустроиться в соответствии с профессиональным стандартом 40.159 «Специалист по аддитивному производству».

## Выводы и прогноз

Выполненный анализ моделей подготовки бакалавров и магистров в системе высшего образования в университетах РФ и за рубежом позволяют сделать выводы и спрогнозировать развитие в данной области.

1. Мировая практика внедрения аддитивного производства в высшем образовании весьма разнообразна. В большей степени в зарубежных вузах реализуются программы магистратуры в области аддитивных технологий.

2. Полноценные программы бакалавриата по аддитивным технологиям в зарубежных вузах встречаются реже в сравнении с программами магистратуры; отдается предпочтение в пользу программ бакалавриата, направленных на подготовку специалистов по производственным технологиям. При этом освоение основ аддитивного производства интегрируется в традиционные программы бакалавриата через дополнительное образование (от 3 до 14-недельных курсов по аддитивным технологиям) либо через проектноориентированную деятельность.

3. В РФ начинает формироваться система подготовки молодых кадров для формирующейся отрасли аддитивного производства, охватывающей к настоящему времени СПО и высшее образование (на уровне бакалавриата и магистратуры). Вузы, в которых не первый год реализуются образовательные программы по аддитивным технологиям в бакалавриате и магистратуре, накопили практический опыт разработки программы и методический опыт преподавания специализированных дисциплин и организации практик.

4. В СПО в подготовку техников вовлечены на сегодняшний день 25 колледжей, работающих по единому ФГОС и реализующих примерно равнозначные образовательные программы.

5. Прогнозируется, что в ближайший год-два в России может появиться федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования — бакалавриат, направленный на подготовку молодых кадров в области аддитивных технологий. Весьма сложно спрогнозировать направление подготовки, к которому будет

привязан данный ФГОС из-за высокой степени инновационности аддитивных технологий, их междисциплинарности и универсальности в части практического применения.

**П.А. Петров, Б.Ю. Сапрыкин, М.А. Петров, Д.А. Гневашев**  
**Московский политехнический университет,**  
**кафедра «Обработка материалов давлением**  
**и аддитивные технологии», petrov\_p@mail.ru**

## Литература

1. Маренкова А. В., Дикарева В. В., Петров П. А., Сапрыкин Б. Ю. Применение T-FLEX-анализа для определения коэффициента запаса образца ПЛА-пластика на растяжение. // Станкоинструмент. 2020. № 3 (20). С. 62–69.
2. <https://conf.viam.ru/conf/337/1275>
3. Рынок технологий 3D-печати в России и мире: перспективы внедрения аддитивных технологий в производство. <https://delprof.ru/press-center/open-analytics/rynok-tehnologiy-3d-pechati-v-rossii-i-mire-perspektivy-vnedreniya-additivnykh-tehnologiy-v-proizv/>
4. Andreas Kirchheim, Hans-Jörg Dennig, Livia Zumofen. Why Education and Training in the Field of Additive Manufacturing is a Necessity. In: Meboldt M., Klahn C. (eds) Industrializing Additive Manufacturing — Proceedings of Additive Manufacturing in Products and Applications — AMPA2017. AMPA 2017. Springer, Cham, 2018, pp. 329–336. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-66866-6\\_31](https://doi.org/10.1007/978-3-319-66866-6_31)
5. Huang, Y., Leu, M.: Frontiers of Additive Manufacturing, Research and Education, Report of NSF Additive Manufacturing Workshop, 11–12 July 2013, Published by University of Florida, Gainesville (2014)
6. EFI Expertenkommission Forschung und Innovation (Hrsg.): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands Additive Fertigung (3D-Druck) (2015)
7. Simon Forda, Tim Minshall. Invited review article: Where and how 3D printing is used in teaching and education. // Additive Manufacturing 25 (2019) pp. 131–150
8. Müller, C.: Gestaltung von problembasierten Lernumgebungen (Problem-based Learning). Eine Analyse aus motivations- und kognitionspsychologischer Sicht, Netzwerk, Januar 2008.
9. J. Go, A. J. Hart, A framework for teaching the fundamentals of additive manufacturing and enabling rapid innovation, Addit. Manuf. 10 (2016) 76–87.
10. Петров П. А., Строков П. И. Современный ТРИЗ в системе подготовки специалистов для аддитивного производства. // Станкоинструмент, 2(15), 2019, стр. 104–110
11. PennState, Additive Manufacturing and Design Master's Degree Program, (2018) <http://amdprogram.psu.edu>.
12. U. of Nottingham, Additive Manufacturing and 3D Printing MSc, (2018) <https://www.nottingham.ac.uk/pgstudy/courses/mechanical-materials-andmanufacturing-engineering/additive-manufacturing-and-3d-printing-msc.aspx>
13. UTEP, Graduate Certificate in 3D Engineering and Additive Manufacturing, (2018) <http://catalog.utep.edu/grad/college-of-engineering/mechanical-engineering/grcertificate-3dam/>
14. U. of Maryland, Additive Manufacturing, (2018) <https://advancedengineering.umd.edu/additive-manufacturing>.
15. <https://tu-freiberg.de/fakult4/imkf/bachelor-studiengang-additive-fertigung-ab-wintersemester-201920>
16. <https://edtechmagazine.com/higher/article/2020/01/colleges-tailor-additive-manufacturing-curricula-demand-careers-perfcon>
17. <https://learn-xpro.mit.edu/additive-manufacturing>
18. <https://new.mospolytech.ru/postupayushchim/programmy-obucheniya/bakalavriat/additivnye-tehnologii/>
19. <https://www.nottingham.ac.uk/pgstudy/course/taught/additive-manufacturing-and-3d-printing-msc>
20. <https://apply.eitmanufacturing.eu/courses/course/13-msc-additive-manufacturing-full-flexibility?search=669>
21. <https://www.uu.se/en/admissions/master/selma/program/?pKod=TAT2M&plnr=&lasar=20%2F21>
22. <https://new.mospolytech.ru/postupayushchim/programmy-obucheniya/magistratura/additivnoe-proizvodstvo/>
23. <https://www.skoltech.ru/en/education/msc-programs/amt/>

# 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

# ГЛАВНОЕ ОТРАСЛЕВОЕ СОБЫТИЕ 2021



## 21-24 СЕНТЯБРЯ

РОССИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

# НЕВА 2021

16-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ  
ВЫСТАВКА И КОНФЕРЕНЦИЯ  
ПО ГРАЖДАНСКОМУ СУДОСТРОЕНИЮ,  
СУДОХОДСТВУ, ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОРТОВ,  
ОСВОЕНИЮ ОКЕАНА И ШЕЛЬФА



**30 000 м<sup>2</sup>**  
ПЛОЩАДЕЙ



**24 720**  
ПОСЕТИТЕЛЕЙ



**654**  
ЭКСПОНЕНТА



**64**  
РОССИЙСКИХ  
И ЗАРУБЕЖНЫХ СМИ



**29**  
СТРАН-  
УЧАСТНИКОВ



**39**  
ТЕМАТИЧЕСКИХ  
МЕРОПРИЯТИЙ



**СПЕШИТЕ ЗАБРОНИРОВАТЬ  
ЛУЧШИЕ МЕСТА!**

[nevainter.com](http://nevainter.com)

Контакты:

По вопросам участия

Тел.: +7 (812) 321-26-76,

Электронная почта: [info@nevainter.com](mailto:info@nevainter.com)

В С Е Г Д А      Н А      В Ы С О Т Е

**МАКС – это ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ!**

**Ключевые экспонаты:**

- Современные и перспективные самолёты МС-21-310 с двигателем ПД-14, Ил-114-300, SSJ, ЛМС «Байкал»
- Вертолеты Ми-171А3, АНСАТ-М, Ка-32А11М
- Двигатели ПД-35 и ВК-650В

**Разработки российских научных центров:**

- Летаящая лаборатория для отработки гибридной силовой установки
- Легкий самолет с электрической силовой установкой
- Прототип самолёта укороченного взлёта и посадки

**Глобальные тенденции авиации:**

- Электрические и водородные силовые установки
- Коммерческие сверхзвуковые лайнеры
- «Беспилотная революция»

**МАКС 2021**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКИЙ  
САЛОН**

Организаторы



Устроитель



[WWW.AVIASALON.COM](http://WWW.AVIASALON.COM) • 20-25 ИЮЛЯ • ЖУКОВСКИЙ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
ВОЕННО-  
МОРСКОЙ  
САЛОН



INTERNATIONAL  
MARITIME  
DEFENCE  
SHOW

Организатор:



При участии:



Министерство  
обороны



Министерство  
иностраных  
дел



Федеральная служба  
по военно-техническому  
сотрудничеству



Администрация  
Санкт-Петербурга



РОСОБОРОНЭКСПОРТ

Устроитель:



ООО «Морской Салон»  
[www.navalshow.ru](http://www.navalshow.ru)

**IMDS**  
**2021**  
**23-27 июня**  
**РОССИЯ**  
**Санкт-Петербург**

*“Через сотрудничество – к миру и прогрессу!”*



# ТЕРМООБРАБОТКА

14 Международная специализированная выставка

**28 - 30 сентября 2021**

Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр», павильон 7

Единственная в России  
выставка термического  
оборудования и технологий

**Основные разделы:**

- Термическое и химико-термическое оборудование
- Промышленные печи, сушильные шкафы
- Индукционное оборудование
- Жаропрочная оснастка
- Вакуумная техника и компоненты вакуумных систем
- Огнеупоры, теплоизоляция и футеровка тепловых агрегатов
- Изделия из графита, углеродного волокна и углерод-углеродных композитов
- Установки нанесения покрытий
- Диагностическое и измерительное оборудование

Независимый  
выставочный  
аудит



ufi  
Approved  
Event





**Факты о выставке 2019 года:** 80 экспонентов из 10 стран мира: Россия, Германия, Италия, Швеция, Испания, Австрия, Китай, Словения, Франция, Швейцария, 3022 кв.м. экспозиции, 2830 посетителей-специалистов.



Бронь стендов и  
пригласительные  
билеты на  
[www.htexporus.ru](http://www.htexporus.ru)

Организатор:  


# 10-12 НОЯБРЯ 2021



XXV МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ  
**РОССИЙСКИЙ  
ПРОМЫШЛЕННИК**

[PROMEXPO.EXPOFORUM.RU](http://PROMEXPO.EXPOFORUM.RU)



**РАЗДЕЛЫ:**

■ МАШИНОСТРОЕНИЕ	■ АВТОМАТИЗАЦИЯ	■ СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ
■ МЕТАЛЛООБРАБОТКА, СТАНКООСТРОЕНИЕ	■ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, ЭЛЕКТРОНИКА	■ РЕГИОНЫ РОССИИ

КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР  
**ЭКСПОФОРУМ**  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, ПЕТЕРБУРГСКОЕ ШОССЕ, 64/1

ОРГАНИЗАТОР

**EXPOFORUM**

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ МЕДИАПАРТНЕР

 САНКТ-ПЕТЕРБУРГ ТЕЛЕКАНАЛ

**12+**

При поддержке:

МИНПРОМТОРГ  
РОССИИ



# 9-12 НОЯБРЯ 2021

МОСКВА, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»

Организатор:  
**МЕТАЛЛ  
ЭКСПО**

Место проведения:

**ЭКСПОЦЕНТР**  
МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА И КОНГРЕСС-ЦЕНТР  
МОСКВА

Генеральный  
информационный партнер:

**M25** Металлоснабжение и сбыт

## 27-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ ВЫСТАВКА

# МЕТАЛЛ ЭКСПО 2021



Оборудование и технологии  
для металлургии  
и металлообработки  
**МеталлургМаш'2021**



Металлопродукция  
и металлоконструкции  
для строительной отрасли  
**МеталлСтройФорум'2021**



Транспортные  
и логистические услуги  
для предприятий ГМК  
**МеталлТрансЛогистик'2021**

Оргкомитет выставки:  
тел./факс +7 (495) 734-99-66

[www.metal-expo.ru](http://www.metal-expo.ru)



18–21.10.2021

12+

В рамках проекта «Наука-Технологии-Инновации Экспо»  
международная политехническая выставка

# ТЕХНОФОРУМ



МИНПРОМТОР  
РОССИИ



[www.technoforum-expo.ru](http://www.technoforum-expo.ru)

Организатор



При поддержке:

- Государственной Думы Федерального Собрания РФ
- Министерства промышленности и торговли РФ

Под патронатом ТПП РФ

Реклама



**«Оборудование  
и технологии  
обработки  
конструкционных  
материалов»**

**Россия, Москва,  
ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»**

# 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)

# ★ ARMY 2021

МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ  
ФОРУМ

\*МИ-28

22–28 АВГУСТА  
ПАТРИОТ ЭКСПО

[WWW.RUSARMYEXPO.RU](http://WWW.RUSARMYEXPO.RU)

ОРГАНИЗАТОР



МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ВЫСТАВОЧНЫЙ  
ОПЕРАТОР



МКВ

МЕЖДУНАРОДНЫЕ  
КОНГРЕССЫ И ВЫСТАВКИ

# РОССИЙСКИЕ МАШИНЫ ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ МЕТАЛЛООБРАБОТКИ



## МЛ35

высокоточная резка листовых металлов

- Обработка листов с размерами до 1500x3000 мм
- Портальная координатная система на линейных двигателях
- Лазерные источники мощностью до 5 кВт
- Различные уровни автоматизации модулей станка



## ЛТСК4

лазерная 3D-сварка

- Мощный иттербитиевый лазер 1-5 кВт
- Высокая повторяемость и точность позиционирования
- Сварка сложных, тонкостенных изделий и ответственных конструкций
- 3, 4, 5 осей

## МЛПЗ прецизионная резка

- Гранитное основание
- Линейные двигатели с линейками обратной связи
- Волоконный лазер
- Поле обработки – 900x700 мм
- Оптимален для резки электротехнической стали



ГРУППА КОМПАНИЙ

**ЛАЗЕРЫ  
И АППАРАТУРА**

- 25 лет на рынке
- Серийные комплектации и заказные разработки
- ПНР и сервисное обслуживание (дистанционно и с выездом к заказчику)

+7 499 390 90 86

sales@laserapr.ru

www.laserapr.ru

lia\_laserapr

YouTube lia\_laserapr