



ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ФИРМ ЯПОНИИ

Производством ЭЭ оборудования в Японии занимается несколько крупных фирм. Станки японских производителей отличается высокое качество и не удивительно, что их продукция по линии ЭЭ оборудования занимает до 50% мирового рынка.

Фирма Makino Milling Machine Co., Ltd. (Япония) является крупной станкостроительной фирмой, производящей металлообрабатывающее оборудование различного назначения.

Копировально-прошивочные ЭЭ станки выпускаются трех серий, имеют развитые компьютерные ЧПУ, с широким спектром технологических возможностей.

Станки первой группы определены моделями **EDAC 1** и **EDFH 1** для изготовления небольших деталей.

EDAC 1: ход по X, Y, Z = 220x180x220 мм, ванна L, W, H = 450x350x200 мм, массы т Эл/Заг = 5/50 кг.

EDFH 1: для изготовления отверстий диаметром от 0,02 до 3 мм с вращением шпинделя с частотой 10...2000 мин⁻¹, ход по X, Y, Z = 220x180x300 мм, ванна L, W, H = 450x350x200 мм, массы т Эл/Заг = 5/50 кг.

Станки серии **EDGE Series: EDGE 2** и **EDGE 3** обеспечивают достаточно высокую точность обработки.

EDGE 2: ход по X, Y, Z = 300x250x250 мм, ванна L, W, H = 650x450x300 мм, массы т Эл/Заг = 50/500 кг.

EDGE 3: ход по X, Y, Z = 450x300x320 мм, ванна L, W, H = 800x550x350 мм, массы т Эл/Заг = 50/800 кг.

Станки в группе **EDNC Series** исполняются шести моделей: и предназначены для обработки деталей средних и крупных размеров.

EDNC65: ход по X, Y, Z = 650x450x350 мм, ванна L, W, H = 1100x750x450 мм, массы т Эл/Заг = 100/1500 кг.

EDNC85: ход по X, Y, Z = 800x500x400 мм, ванна L, W, H = 1400x900x500 мм, массы т Эл/Заг = 300/3000 кг.

EDNC106: ход по X, Y, Z = 1000x600x500 мм, ванна L, W, H = 1500x1100x500 мм, массы т Эл/Заг = 300/3000 кг.

EDNC157: ход по X, Y, Z = 1500x700x500 мм, ванна L, W, H = 2500x1400x800 мм, массы т Эл/Заг = 500/10000 кг.

EDNC207: ход по X, Y, Z = 2000x700x600 мм, ванна L, W, H = 2800x1600x1050 мм, массы т Эл/Заг = 750/10000 кг.

EDNC2015 – 2H: ход по X, Y, Z = 2000x1500x600 мм, ванна L, W, H = 3100x1800x1000 мм, массы т Эл/Заг = 300 + 300/10000 кг. Станок имеет два шпинделя.

Проволочно – вырезные ЭЭ станки фирмы **Makino** представляются пятью сериями. Все станки имеют развитые компьютерные ЧПУ, обеспечивающие широкий спектр технологических возможностей.

Станки **DUO Series** предназначены для изготовления деталей малых и средних размеров. Указывается, что с использованием технологий H.E.A.T. (High Energy Applied Technology) и GS – Cut при работе на проволоке диаметром 0,3 мм станки обеспечивают производительность 130 мм²/мин с получением приемлемой шероховатости и точности 5 мкм на сторону на заготовке толщиной 150 мм.

DUO 43: ход по X, Y, Z = 450x300x320 мм, ход по U, V = ± 101 мм, заготовка L, B, H = 710x560x300 мм, масса до 800 кг.

DUO 64: ход по X, Y, Z = 650x400x420 мм, ход по U, V = ± 101 мм, заготовка L, B, H = 910x660x400 мм, масса до 1200 кг.

Станки серии **U Series** предназначены для изготовления деталей широкого профиля и различного назначения. Добавленная (к указанным выше) программа P – Cut обеспечивает получение шероховатости Rz 15 мкм на первом проходе

при скорости обработки до 120 мм²/мин, программа V – Corner обеспечивает получение острых углов и приемлемой прямолинейности. Работают с проволокой диаметром от 0,07 до 0,3 мм.

U 32j: ход по X, Y, Z = 370x270x220, ход по U, V = ± 50 мм, заготовка L, B, H = 780x590x220 мм, масса до 600 кг.

U 53j: ход по X, Y, Z = 550x370x220, ход по U, V = ± 50 мм, заготовка L, B, H = 960x690x220 мм, масса до 1500 кг.

U 53 Tj: ход по X, Y, Z = 550x370x420, ход по U, V = ± 50 мм, заготовка L, B, H = до 960x690x420 мм, масса до 1700 кг.

U86: ход по X, Y, Z = 800x600x300 (500), ход по U, V = ± 101 мм, заготовка L, B, H = 1220x910x320 (500) мм, масса до 3000 кг. Станок работает с проволокой диаметрами 0,20; 0,25; 0,30 мм.

Станки серии **UP Series** предназначены для изготовления деталей широкого профиля и различного назначения с повышенными требованиями к качеству поверхности. Шероховатость до Ru = 0,8...2 мкм возможна к получению с программой Crystal II machining. Станки работают с проволокой диаметром от 0,07 до 0,3 мм.

UP 32j: ход по X, Y, Z = 370x270x220, ход по U, V = ± 50 мм, заготовка L, B, H = 780x590x220 мм, масса до 600 кг.

UP 53j: ход по X, Y, Z = 550x370x220, ход по U, V = ± 50 мм, заготовка L, B, H = 960x690x220 мм, масса до 1500 кг.

Станки моделей **UPN – 01, UPJ – 2** и **UPH – 2** предназначены для получения микро миниатюрных изделия с высокой точностью (до ± 1,0 мкм), с низкой шероховатостью поверхности (до Rz 0,17 мкм).

UPN-01: ход по X, Y, Z = 160x160x50, ход по U, V = ± 7 мм, заготовка L, B, H = 150x150x40 мм, масса до 8 кг. Станок работает с проволокой диаметром от 0,02 до 0,1 мм.

Станки моделей **UPJ-2** и **UPH-2:** ход по X, Y, Z = 220x210x70, ход по U, V = ± 10 мм, заготовка L, B, H = 200x200x60 мм, масса до 20 кг. Станок модели **UPJ-2** работает с проволокой диаметром от 0,02 до 0,20 мм, а станок модели **UPH-2** работает с проволокой диаметром от 0,03 до 0,20 мм.

Станки моделей **W32 FB** и **W53 FB** предназначены для обработки отверстий и полостей в заготовках при наличии стартового заправочного отверстия малого диаметра (0, 4...0,5 мм) с получением точности до ± 1,0 мкм и с шероховатостью поверхности до Ru 0,8...2 мкм. Станки работают с проволокой диаметром от 0,07 до 0,25 мм.

W32 FB: ход по X, Y, Z = 370x270x220, ход по U, V = ± 50 мм, заготовка L, B, H = 780x590x220 мм, масса до 600 кг.



W53 FB: ход по X, Y, Z = 550x370x220, ход по U, V = ± 50 мм, заготовка L, B, H = 960x690 x220 мм, масса до 1500 кг.

Фирма FANUC Ltd (Япония) является известнейшей фирмой в области робототехники, станкостроения, цифровых систем управления. Из электроэрозионного оборудования производит только проволочно-вырезные станки, которые представлены моделями серии **α - iD**. Управление осуществляется современной компьютерной системой ЧПУ модели CNC FANUC Series 310is-WA, имеющей соответствующие функции и модули автоматизации ЭЭ процесса высокого уровня. Система обеспечивает одновременное 5-ти осевое управление при работах на проволоке диаметром от (0,05) 0,1 до 0,3 мм с получением шероховатости до Ra 0,07 мкм.

α - 0iD и **α - 0iDe:** ход по X, Y, Z = 370x270x255 мм, по U, V = ± 60 мм, заготовка L, B, H = 700x600x250 мм, масса до 500 кг.

α - 0iDp: ход по X, Y, Z = 370x270x255 мм, по U, V = ± 60 мм, заготовка L, B, H = 700x600x250 мм, масса до 250 кг.

α - 1iD и **α - 1iDe:** ход по X, Y, Z = 600x400x310 мм, по V = ± 100 мм, заготовка L, B, H = 1050x820x300 (400) мм, масса до 1000 кг.

α - 1iDp: ход по X, Y, Z = 600x400x310 мм, по U, V = ± 100 мм, заготовка L, B, H = 1050x820x300 (400) мм, масса до 500 кг.

Фирма Hitachi Ltd. (Япония) — одна из крупнейших мировых корпораций по производству электроники. В области ЭЭ оборудования фирма особенно специализируется на производстве проволоки всех видов для проволочно-вырезных ЭЭ станков, трубчатых электродов к прошивным ЭЭ станкам для изготовления отверстий, фильтров и других расходных элементов.

Фирма Mitsubishi Electric Co. (Япония) является отделением концерна Mitsubishi, одного из крупнейших мировых производителей широкого спектра продукции — от автомобилей до изделий электроники, бытовой техники и т.п.

В Советском Союзе электроэрозионные станки Mitsubishi Electric поставлялись из Европы фирмой Schiess Nasovia под марками OPTICUT и OPTIMAT. ЭЭ оборудование фирмой представляется разных типов и назначений. Все станки имеют развитые компьютерные ЧПУ.

Проволочно-вырезные ЭЭ станки производятся нескольких групп.

Станки серии FA - M, как указывается, обеспечивают точность обработки до 2 мкм при достижимой шероховатости $Ry = 1$ мкм и представляются тремя моделями:

FA 10M: ход по X, Y, Z = 350x250x220 мм, по U, V = ± 32 мм, заготовка L, B, H = 800x600x215 мм, масса до 500 кг.

FA 20M: ход по X, Y, Z = 500x350x300 мм, по U, V = ± 32 мм, заготовка L, B, H = 1050x800x295 мм, масса до 800 кг.

FA 30M: ход по X, Y, Z = 750x500x350 мм, по U, V = ± 32 мм, заготовка L, B, H = 1300x1000x345 мм, масса до 3000 кг.

Станки для обработки элементов медицинской техники из твердых материалов представлены станком модели **MD+PRO II:** ход по X, Y, Z = 320x250x220 мм, по U, V = ± 32 мм, заготовка L, B, H = 700x550x215 мм, масса до 500 кг.

Станки универсальной серии VA представляется станком модели **VA 24:** ход по X, Y, Z = 600x400x420 мм, по U, V = ± 75 мм, заготовка L, B, H = 1050x820x415 мм, масса до 1500 кг.

Станки серии FA представляются девятью моделями: **FA - 10S ADVANCE, FA - 20S ADVANCE, FA - 10 VS ADVANCE, FA - 20 VS ADVANCE, FA - 30 V, FA - 40 V, FA - 50 V, FA - 10PS ADVANCE, FA - 20PS ADVANCE.**

FA - 10S ADVANCE: ход по X, Y, Z = 350x250x220 мм, по U, V = ± 32 мм, заготовка L, B, H = 800x600x215 мм, масса до 500 кг.

FA - 20 VS ADVANCE: ход по X, Y, Z = 500x350x450 мм, по U, V = ± 75 мм, заготовка L, B, H = 1050x800x445 мм, масса до 1500 кг.

FA - 50 V: ход по X, Y, Z = 1300x1000x400 мм, по U, V = ± 75 мм, заготовка L, B, H = 2000x1600x400 мм, масса до 4000 кг.

FA - 20 PS ADVANCE: ход по X, Y, Z = 500x350x300 мм, по U, V = ± 75 мм, заготовка L, B, H = 1050x800x295 мм, масса до 1500 кг. Станок работает на проволоке с диаметром от 0,05 до 0,3 мм.

Копировально-прошивочные ЭЭ станки выпускаются трех серий. Все станки имеют развитые компьютерные ЧПУ, позволяющие широкий спектр технологических возможностей.

Станки группы EA определены шестью моделями: **EA8, EA8PV ADVANCE, EA12D EA12V ADVANCE, EA28V ADVANCE.**

EA8: ход по X, Y, Z = 300x250x250 мм, ванна L, W, H = 770x500x250 мм, массы т Эл/Заг = 25/550 кг.

EA12D: ход по X, Y, Z = 400x300x300 мм, ванна L, B, H = 1050x700x450 мм, массы т Эл/Заг = 50/1000 кг.

EA28V ADVANCE: ход по X, Y, Z = 650x450x350 мм, ванна L, W, H = 1100x810x450 мм, массы т Эл/Заг = 200/2000 кг.

EA30E: ход по X, Y, Z = 700x500x350 мм, ванна L, W, H = 1220x850x435 мм, массы т Эл/Заг = 200/2000 кг.

Станок модели VA10 предназначен для изготовления малых деталей и небольших отверстий.

Станки серии GANTRY определены пятью моделями: **Gantry 500, Gantry 800, Gantry 1200, Gantry 1500, Gantry 2000.**

Gantry 500: ход по X, Y, Z = 525x400x450 мм, бак L, W, H = 750x650x420 мм, массы т Эл/Заг = 100/1000 кг.

Gantry 1500: ход по X, Y, Z = 1050x2050x1000 мм, бак L, W, H = 1520x2520x945 мм, массы т Эл/Заг = 1500/20000 кг.

Gantry 2000: ход по X, Y, Z = 1550x2750x1000 мм, бак L, W, H = 2020x3220x1350 мм, массы т Эл/Заг = 1500/30000 кг.

Фирма Seibu Electric & Machinery Co., Ltd. (Япония) производит проволочно-вырезные ЭЭ станки. Все станки снабжены компьютерными системами ЧПУ, обеспечивающими соответствующие функции и модули автоматизации ЭЭ процесса.

Станки серии M определены тремя моделями. Все станки работают на проволоке диаметром от 0,1 до 0,3 мм.



M 350 S: ход по X, Y, Z = 350x250x230 мм, по U, V = ± 60 мм, заготовка L, B, H = 600x550x220 мм, масса до 350 кг.

M 500 S: ход по X, Y, Z = 500x350x310 мм, по U, V = ± 60 мм, заготовка L, B, H = 800x650x300 мм, масса 800 кг.

M 750 S: ход по X, Y, Z = 750x500x310 мм, по U, V = ± 60 мм, заготовка L, B, H = 900x700 x250 (300) мм, масса до 1000 кг.

Станки серии **MM** определены как особо точные. Все станки работают на проволоке диаметром от 0,1 до 0,3 мм.

MM 350 S: ход по X, Y, Z = 350x250x230 мм, по U, V = ± 60 мм, заготовка L, B, H = 600x550x220 мм, масса до 350 кг.

MM 500 S: ход по X, Y, Z = 500x350x310 мм, по U, V = ± 60 мм, заготовка L, B, H = 800x650x300 мм, масса до 800 кг.

Станки серии **MP** определены моделью **MP 250 S:** ход по X, Y, Z = 250x180x220 мм, по U, V = ± 35 мм, заготовка L, B, H = 350x280x120 мм, масса до 800 кг. Станок определен как особо точный для обработки небольших деталей проволокой диаметром от 0,05 до 0,2 мм с получением шероховатости до $Ry 0,49$ мкм.

Sodick Co., Ltd. (Япония) производит в год более 3000 ЭЭ установок с компьютерными ЧПУ — четверть продаж мирового рынка ЭЭ станков с ЧПУ. Фирме принадлежит более 20% доли мирового рынка и около 50% рынка Японии.

Одно из главных достижений **Sodick Co., Ltd.** в конце прошлого века — разработка и внедрение в серийный выпуск ЭЭ станков линейных двигателей для подачи рабочих органов по всем осям. ЭЭ станков фирмы с линейными двигателями уже выпущено более 22 000 единиц.

Разработка **Sodick** — тонкая керамика **FineXCera®** специально для ЭЭ станков, — важнейший элемент уникальной температурной стабильности, определяющий высочайшую точность обработки на ЭЭ станках **Sodick**. Интересная разработка — ЭЭ проволочно-вырезные станки, работающие последовательно с двумя рабочими жидкостями — с водой и углеродородной РЖ. Особые работы — выпуск ультрапрецизионных ЭЭ станков с нанометровой точностью, создание первого гибридного станка, представляющего комбинацию гидроабразивного режущего блока и ЭЭ проволочно-вырезной машины.

В производстве у фирмы **Sodick** целый ряд моделей ЭЭ станков.

Станки (**3 модели**) с нанометровой (1 нм = 0,001 мкм) дискретностью со сдвоенными линейными бессердечниковыми приводами подачи, полнокерамические конструкции с собственным термостатированием, закрытые аэростатические направляющие, лазерные линейные датчики с нанометровой дискретностью (1 нм).

Копировально-прошивочный станок **Nano EDM AE – 05 SPACE series:** ход по X, Y, Z = 50x50x25 мм, ванна L, W, H = 306x116x38 мм, массы т Эл/Заг = 0,5/2кг, частота вращения шпинделя 50000 мин⁻¹. Возможна прошивка пазов и отверстий размером менее 3 мкм.

Проволочно-вырезной станок модели **EXC 100L:** ход по X, Y, Z = 100x120x100 мм, по U, V = ± 20 мм, за-

готовка масса до 10 кг. Ультра прецизионный погружной проволочно-вырезной с линейными приводами по осям XYUVZ, работает в углеродородной РЖ проволоками диаметром от 0,03 до 0,1 мм, достижимая точность обработки ± 0,5 мкм при получении шероховатости $Ra 0,35$ мкм (12 класс по ГОСТ 2789 – 50).

Компания также производит механический обрабатывающий центр Super NANO 100 с дискретностью обратной связи 0,07 нм! **Проволочно-вырезные станки** с ЧПУ-генераторами (до 8-ми осей одновременного управления) представлены двумя сериями. Все станки с линейными сервоприводами, встроенные 3D CAD/CAM системы, автопрограммирование с автотехнологом.

Проволочно-вырезные станки серии «**AQ – L**» — прецизионные погружные проволочной вырезки в воде, линейные приводы по осям XY и UV, полнобиполярная антиэлектролизная система Super BS, достижимая точность обработки ± 2,5...3,0 мкм. Модели:

AD325L: ход по X, Y, Z = 320x250x220 мм, ход по U, V = ± 80 мм, максимальный угол ± 15°/120 мм, заготовка L, B, H = 570x420x240 мм, масса до 500 кг.

AQ327L Premium: ход по X, Y, Z = 370x270x250 мм, ход по U, V = ± 120 мм, максимальный угол ± 25°/100 мм, заготовка L, B, H = 570x420x240 мм, масса до 500 кг. Работа на проволоке с диаметром от 0,07...0,33 мм, скорость резания до 380 мм²/мин, шероховатость до $Ra 0,06...0,12$ мкм (при использовании системы PIKA).

AQ537L Premium: ход по X, Y, Z = 570x370x350 мм, ход по U, V = ± 120 мм,



максимальный угол $\pm 25^\circ/100$ мм, заготовка L, B, H = 770x520x340 мм, масса до 1000 кг. Работа на проволоке с диаметром от 0,07...0,33 мм, скорость резания до 380 мм²/мин, шероховатость до Ra 0,1 мкм.

AQ750L Premium: ход по X, Y, Z = 750x500x400 мм, ход по U, V = 770x520 мм, максимальный угол $\pm 30^\circ/150$ мм, заготовка L, B, H = 1050x750x400 мм, масса до 1500 кг. Работа на проволоке с диаметром от 0,15...0,33 мм, скорость резания не менее 340 мм²/мин, шероховатость до Ra 0,1 мкм.

AQ750LH Premium: ход по X, Y, Z = 750x500x500 мм, ход по U, V = 770x520 мм, максимальный угол $\pm 30^\circ/150$ мм, заготовка L, B, H = 1050x750x500 мм, масса до 1500 кг. Работа на проволоке с диаметром от 0,15...0,33 мм, скорость резания не менее 340 мм²/мин, шероховатость до Ra 0,1 мкм.

AQ900L: ход по X, Y, Z = 900x600x400 мм, ход по U, V = 920x620 мм, максимальный угол $\pm 30^\circ/150$ мм, заготовка L, B, H = 1200x900x400 мм, масса до 2000 кг. Работа на проволоке с диаметром от 0,15...0,33 мм, шероховатость до Ra 0,16...0,33 мкм.

Проволочно-вырезные станки в серии «AP_L» включают модели: **AP200L**, **AP450L**, **AP500L**. Станки сверхпрецизионные погружные проволочной вырезки в углеводородном диэлектрике (масле) и/или в воде, достижимая точность обработки $\pm 1,5$ мкм, чистовое выхаживание поверхности с получением шероховатости Ra 0,08...0,02 мкм (11...12 классы по ГОСТ 2789 – 50).

AP200L: ход по X, Y, Z = 220x150x120 мм, ход по U, V = 35x35 мм, максимальный угол $\pm 7^\circ/100$ мм, заготовка L, B, H = 300x270x100 мм, масса до 50 кг. Работа на проволоке с диаметром от 0,03...0,2 мм.

AP450L: ход по X, Y, Z = 450x300x150 мм, ход по U, V = 35x35 мм, максимальный угол $\pm 7^\circ/100$ мм, заготовка L, B, H = 600x400x130 мм, масса до 100 кг. Работа на проволоке с диаметром от 0,05...0,3 мм.

Гибридный ЭЭ станок Hybrid Wire — комбинация гидроабразивного режущего блока компании Flow International и ЭЭ проволочно-вырезной установки Sodick, работающих попеременно. Электроэрозионный проволочно-вырезной блок: ход по X, Y, Z = 550x350x250 мм, ход по U, V = 550x350 мм, максимальный угол $\pm 30^\circ/150$ мм, работа на проволоке диаметром от 0,15 до 0,3 мм. Гидроабразивный блок: ход по X, Y, Z = 550x350x250 мм, максимальный угол конусного резания (оси A, B) $\pm 10^\circ$, давление гидроабразивной струи 380 МПа. Гибридный абразивно-электроэрозионный станок: заготовка L, B, H = 750x550x200 мм, масса заготовки 700 кг.

Копировально-прошивочные установки с КЧПУ — генераторами (до 8-ми осей одновременного управления), линейные сервоприводы, встроенные 3D CAD/CAM системы, автопрограммирование с автотехнологом.

Серия «AG_L» — это прецизионные ЭЭ копировально-прошивочные установки, линейные сервоприводы по осям XYZ, достижимая точность обработки $\pm 2,5...3$ мкм, достижимая шероховатость Ra 0,05...0,18 мкм. Максимальная скорость привода по оси Z равна 36 000 мм/мин при ускорении 2G.

AG35L: ход по X, Y, Z = 350x250x250 мм, ванна L, W, H = 750x550x320 мм, массы т Эл/Заг = 50/550 кг.

AG55L: ход по X, Y, Z = 550x400x350 мм, ванна L, W, H = 950x725x 410 мм, массы т Эл/Заг = 50/1000 кг.

AG75L: ход по X, Y, Z = 700x500x350 мм, ванна L, W, H = 1100x950x500 мм, массы т Эл/Заг = 100/2000 кг.

AQ15L: ход по X, Y, Z = 900x1500x600 мм, ванна L, W, H = 1400x2500x800 мм, массы т Эл/Заг = 100/10 000 кг.

AD3L: ход по X, Y, Z = 300x250x250 мм, ванна L, W, H = 925x555x300 мм, массы т Эл/Заг = 50/550 кг.

Серия «A_L» — это крупногабаритные ЭЭ копировально-прошивочные установки, линейный привод по оси Z, достижимая точность обработки ± 5 мкм.

A85L: ход по X, Y, Z = 850x500x450 мм, ванна L, W, H = 1800x1255x600 мм, массы т Эл/Заг = 300/3000 кг.

A10L: ход по X, Y, Z = 1000x600x450 мм, ванна L, W, H = 2100x1255x700 мм, массы т Эл/Заг = 300/5000 кг.

Специализированные электроэрозионные станки «Супердрели» фирмы Sodick Co. Ltd. предназначены для ЭЭ «сверления» отверстий малого диаметра в токопроводящих материалах, в том числе в твердых сплавах, закаленных сталях и т.п. «Супердрели» способны прошивать отверстия в твердых металлах с отношением глубины к диаметру до 200 : 1 и более.

K1C — ЭЭ супердрель с ручным управлением. Хорошо приспособлен для получения стартовых отверстий в заготовках для ЭЭ проволочно-вырезной обработки и множества «сверлильных» работ.

K3HN — ЭЭ супердрель с КЧПУ. Это установка быстрого «сверления» с автоматической подачей электрода, имеет встроенную систему автоматизированного программирования. Работает в РЖ на водной основе, имеет автосменщик электродов с магазином электродов на 15 шт. при их длине 250 мм.

K1BL, K3BL — ЭЭ супердрели с КЧПУ для получения отверстий малого диаметра (0,08 ...0,3 мм) с работой в углеводородной РЖ. У станков применены прецизионные линейные сервопривода по оси Z, что позволило значительно увеличить производительность и точность обработки.

П.П. Серебrenицкий