

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ БАЗА ДАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

И.О. Аверьянова, А.В. Виноградов,
Р.К. Продан, А.А. Варфоломеев

Рассмотрен принцип работы созданной автоматизированной базы данных технологических параметров для режимов электроэрозионной обработки. Дано обоснование применения альтернативного метода обработки поверхностей сложного профиля мелкоразмерных деталей. База данных может быть использована для расширения технологических возможностей электроэрозионного прошивочного станка FORM 20 с целью повышения точности обработки сложного профиля деталей.

Ключевые слова: мелкоразмерная деталь, электроэрозионная обработка, электрод-инструмент, межэлектродный зазор, твердотельное моделирование.

Введение

В настоящее время в ведущих отраслях тяжелой промышленности все в больших масштабах применяют высокоэнергетические и комбинированные методы обработки материалов, которые основаны на использовании концентрированных потоков энергии. Это связано с развитием новых технологий, тенденциями усложнения форм деталей машин и механизмов, а также с растущими требованиями к их точности и надежности и применением новых сверхпрочных труднообрабатываемых материалов.

На предприятиях оборонной промышленности и в приборостроении имеются детали широкой номенклатуры, относящиеся к классу мелкоразмерных и использующиеся для изготовления внутренних сложного профиля поверхностей с высокой точностью. К таким деталям относятся элементы малогабаритных передач типа «винт – гайка качения».

Функциональные и эксплуатационные требования, предъявляемые к механизмам подачи, относятся к особенно высоким:

- использование передачи должно обеспечивать плавное, равномерное, беззазорное и точное перемещение исполнительных узлов и механизмов;
- необходимость уменьшения габаритов элементов передачи;
- вследствие высоких контактных напряжений между шариками и желобами на винте

и гайке, возникающими в результате сложных движений между трущимися парами, материалы передачи должны иметь высокие твердость и износостойкость рабочих поверхностей;

- вследствие разнохарактерной стратегии технологии обработки винта и гайки сопряженные свойства элементов передач, а также работоспособность передач часто ограничиваются сроком их эксплуатации.

Разработка новых технологий с использованием методов электроэрозионной прошивки внутренних сложного профиля поверхностей гаек с профилем резьбы (арочным, полукруглым или иным) является актуальной задачей исследования, существенно расширяющей границы областей использования электроэрозионной обработки.

Постановка задачи

В стандартных циклах обработки электроэрозионного координатно-прошивочного станка FORM 20 решена проблема с достижением равномерного распределения энергии импульсов W_n при изготовлении метрической резьбы (рис. 1). В случае нестандартного круглого профиля возникают трудности с выдерживанием размера межэлектродного зазора (МЭЗ). Отклонение этого зазора от заданного вызывает нарушение формы и размеров поверхности профиля резьбы (рис. 2).

Для решения данной задачи было внесено дополнение в раздел «Импульсы» системы управления станка.

В существующем цикле резбонарезания путем добавления отдельных этапов съема материала – шагов эрозии с оптимальными параметрами автоматически, в зависимости от заданного значения R_a , корректируется режим эрозии для предотвращения превышения энергией импульса на отдельных участках обрабатываемой поверхности при черновой обработке энергией импульса на участке припуска при чистовой обработке [1].

Для решения этой проблемы необходимо разработать базу данных кодов импульса эрозии, в которой будет производиться автоматизированный выбор рационального режима процесса эрозии с учетом различных особенностей обрабатываемых материалов. Объем информации базы данных должен обеспечивать программирование процессов обработки деталей широкой номенклатуры.

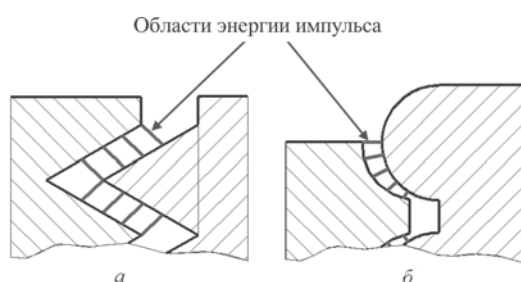


Рис. 1. Распределение энергии импульса:
а – метрическая резьба, б – резьба со сложным профилем

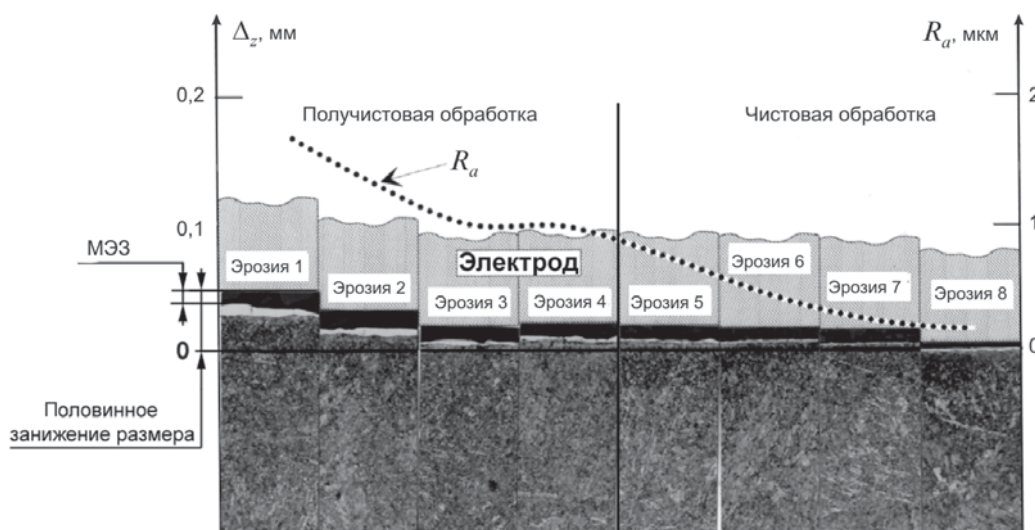


Рис. 2. Распределение толщин съема материала Δ_z и среднего арифметического значений остаточной шероховатости R_a по припуску

Проведение эксперимента

Для исследования способа прошивки резбового отверстия методом копирования электрода-инструмента (ЭИ), где формообразующая ЭИ отображается в электроде-заготовке (ЭЗ), был проведен эксперимент. Возможности станка FORM 20 позволяют получить резьбу сложного профиля двумя способами.

Первый способ прошивки заключается в использовании возможности цикла нарезания резьбы с помощью ЭИ, движущегося по спирали (рис. 3), что предусмотрено в программном обеспечении станка FORM 20. Траектория движения ЭИ в этом случае сопровождается двумя согласованными видами движения: вращательным и прямолинейным. После установления начальной точки эрозии движение ЭИ осуществляется по спирали с шагом, равным шагу формируемой резьбы.

При выполнении сквозного резбового отверстия в данном эксперименте использовали один и тот же ЭИ для черновой и чистовой обработки, поэтому линейный размер резбовой части ЭИ в 2 раза больше высоты нарезаемой части заготовки, плюс 1–2 мм. Двойное использование ЭИ обеспечивается тем, что для чистовой обработки ЭИ позиционируется (корректируется) на другой высоте.

Как показали исследования, величина съема материала части заготовки при черновой обработке превышает установленный припуск на обработку, что приводит к неравномерному распределению микронеровностей материала по винтовой поверхности.

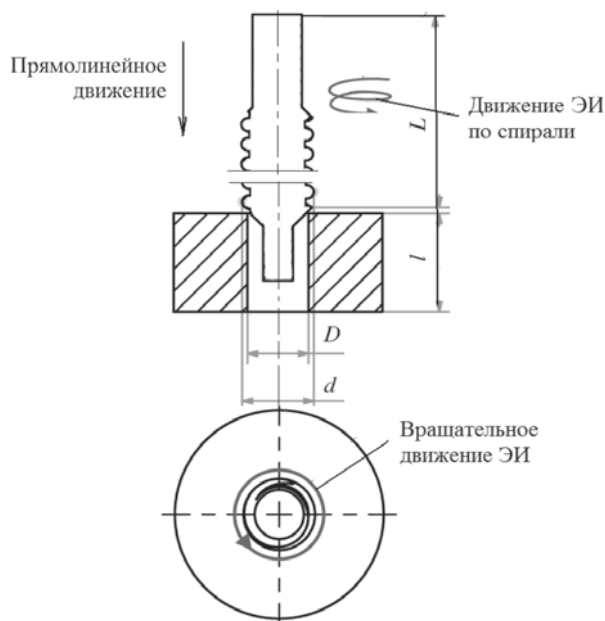


Рис. 3. Схема прошивки резьбового отверстия способом ввинчивания ЭИ:

d – диаметр ЭИ; D – диаметр рабочей поверхности ЭИ; L – длина рабочей части ЭИ; l – глубина обработки

Образовавшийся дефект на винтовой поверхности можно объяснить, во-первых, тем, что при прошивке отверстия по схеме, приведенной на рис. 4, значения МЭЗ неравномерно распределяются по профилю ЭИ, а, во-вторых, превышением шероховатости R_a при черновой обработке заготовки (см. рис. 2).

Второй способ прошивки заключается в использовании орбитального движения ЭИ. При получении винтовой поверхности этим методом (рис. 5) настройка траектории движения ЭИ происходит следующим образом. На черновом проходе ЭИ заглубляется в отверстие на величину, равную половине рабочей длины нарезаемой гайки. Ось ЭИ смещена на величину эксцентриситета e , учитывающего некоторый постоянный технологический зазор между наружным диаметром ЭИ d и внутренним диаметром обрабатываемого отверстия D . При орбитальном движении ЭИ технологический зазор, оставаясь постоянным на всем протяжении процесса, обеспечивает качественную обработку деталей.

Использование созданной базы данных кодов импульса позволяет снижать влияние превышения энергии импульса на отдельных шагах эрозии, связанное с некачественной обработкой

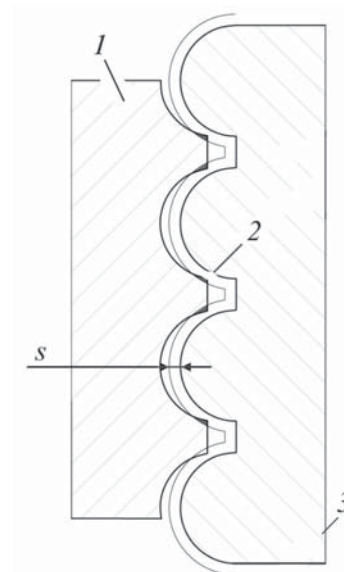


Рис. 4. Схема обработки профиля резьбы со скруглением:

1 – деталь; 2 – участок с избыточной шероховатостью; 3 – ЭИ; s – размер МЭЗ

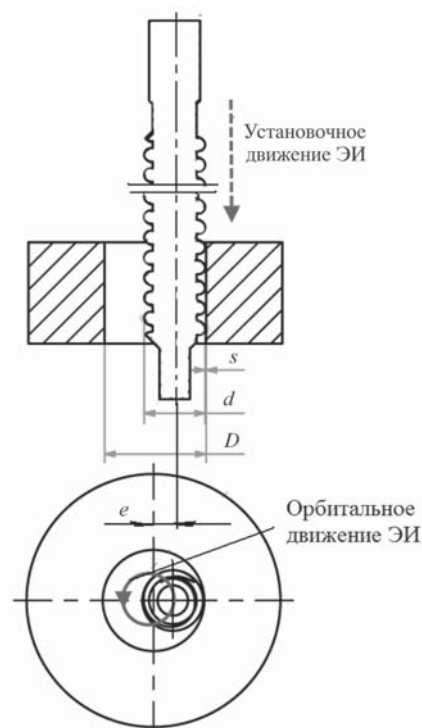


Рис. 5. Схема прошивки резьбового отверстия с применением орбитального движения ЭИ

поверхности. В технологии предложенной системы управления обработка делится на черновую и чистовую. При черновой обработке осуществляется больший съем материала при большей силе тока по сравнению с чистовой обработкой.

Далее происходит послойное удаление материала по эквидистантной кривой в плоскости XOY без вращения ЭИ вокруг оси Z .

В ходе эксперимента в измерительной лаборатории ФГБОУ ВПО «МГИУ» на оптическом микроскопе ZEISS модели AXIOVERT 40 MAT с 500-кратным увеличением были сделаны шлифы с поверхностями сопряжения.

На рис. 6, а можно заметить небольшое изменение структуры поверхностного слоя с нежелательными трещинами. Дефект возникает вследствие неравномерного распределения значений МЭЗ на поверхности участков со сферической резьбой.

Во избежание обнаруженного дефекта технологию обработки необходимо строить таким образом, чтобы при черновой обработке МЭЗ не превышал величины припуска на чистовую обработку. Благодаря диалоговому режиму

работы созданной базы данных, были подобраны необходимые параметры импульса исходя из перечисленных выше требований для разных этапов электроэрозионной прошивки. Вследствие корректирования кода импульса в системе управления станка данный дефект был устранен (рис. 6, б).

Структура и принцип работы созданной базы данных

В левой части интерфейсного окна в структуре базы данных (рис. 7) перечислены все параметры прошивочного станка FORM 20 в состоянии поставки. В правой части структуры выделены критерии, которые используются при описании исходных данных в соответствии с техническим заданием на обработку деталей.

Данные технического задания фильтруются по критериям, заданным пользователем в диа-

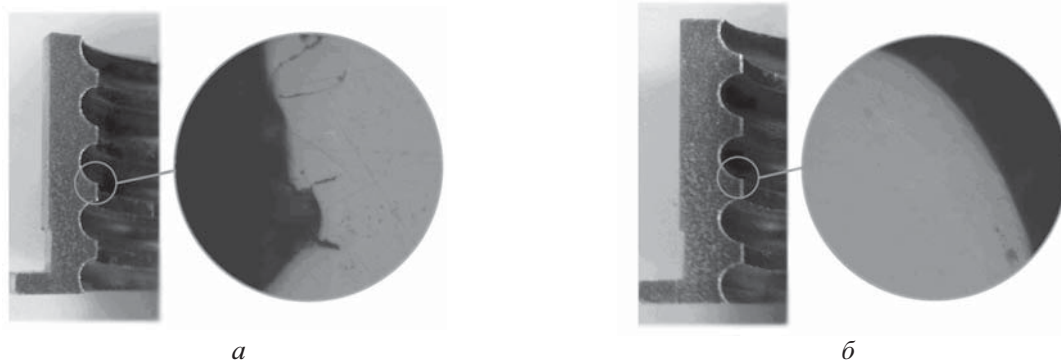


Рис. 6. Сравнение микрошлифов при различных технологиях обработки втулок:

а – с использованием способа ввинчивания ЭИ; б – с использованием орбитального движения ЭИ

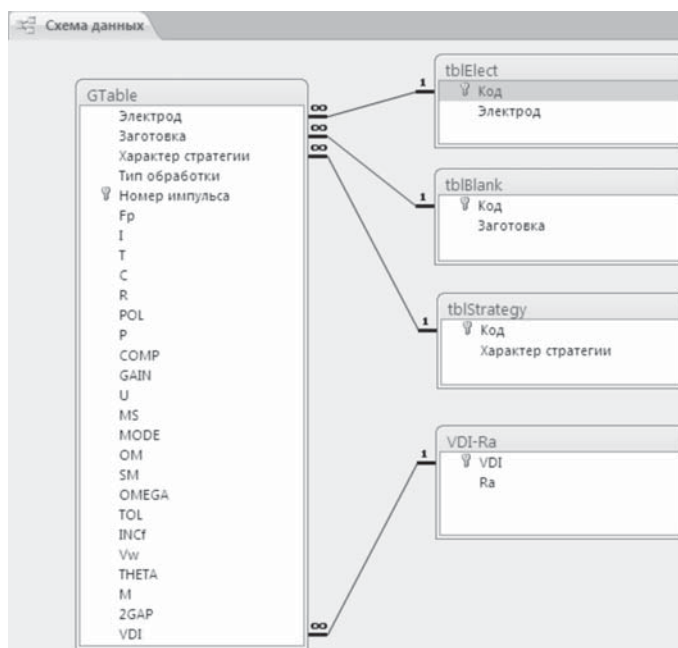


Рис. 7. Структура базы данных для разработки управляющей программы прошивочного станка FORM 20

логовом режиме, и выводятся в виде отчета с предложенными вариантами кодов импульса эрозии. Фильтрация производится по следующим критериям [2]: материалу электрода; обрабатываемому материалу; характеру стратегии обработки; типу обработки; шероховатости поверхности; площади обработки.

Форма ввода исходных данных технического задания показана на рис. 8.

Применение данной базы данных нацелено также на оптимизацию работы оператора станка при выборе режимов эрозии для создания отдельных шагов исходя из технического задания на обработку (рис. 9).

В процессе электроэрозионной обработки отверстия методом прямого копирования, благодаря постоянному МЭЗ, происходит изменение нескольких параметров, влияющих на качество обрабатываемых поверхностей сложных

профилей малогабаритных деталей. Электрод-инструмент, внедряясь в обрабатываемую заготовку, изнашивается как по длине, так и по диаметру. Через боковые зазоры S_6 , S_{60} между ЭИ и обрабатываемой заготовкой (рис. 10, а) из зоны обработки выносятся продукты эрозии, создавая таким образом избыточную электрическую проводимость рабочей жидкости, приводящую к увеличению бокового зазора.

Межэлектродный зазор между боковыми поверхностями в зависимости от схемы обработки, прокачивания рабочей жидкости, износа ЭИ и других причин стабилизируется на некоторой глубине обработки, достигнув максимального значения δ_α (см. рис. 10, б). Поскольку между боковыми поверхностями ЭИ и заготовкой проходит значительный объем продуктов эрозии (больший, чем между торцовыми поверхностями), то количество дополнительных разрядов будет возрастать, чему соответствует увеличение числовых значений параметров импульса эрозии на экране системы управления станка [3]. В результате съем материала заготовки также будет неравномерным (см. рис. 10, б, в). Так, в точке, которая соответствует $\alpha=0^\circ$, величина съема материала Δ будет максимальной, а в точке, которая соответствует $\alpha=90^\circ$, минимальной.

Исключить отмеченные недостатки можно при использовании принципиально новой схемы прошивки отверстия (см. рис. 5), а также созданной базы данных кодов импульса эрозии для замены стандартных параметров обработки.

В общем виде обработка отверстия электроэрозионным способом складывается из следующих операций: обработки на черновых

Рис. 8. Форма ввода исходных данных технического задания

Fr	I	T	C	R	POL	P	COMP	GAIN	U	MS	MODE
0,0008	1,2	0,99	3	0	-	18	12,9	8	180	0	11

OM	SM	OMEGA	TOL	INCf	Vw	THETA	M	2GAP	VDI	Ra
3	0	10	0,016	0,018	0,01	50	0,006	0,006	7	0,22

Отчет создан средствами Межвузовского Ресурсного Центра "Технологии XXI Века" 13:47:15 28 февраля 2012 г.

Рис. 9. Форма вывода результатов генерации кода импульса эрозии

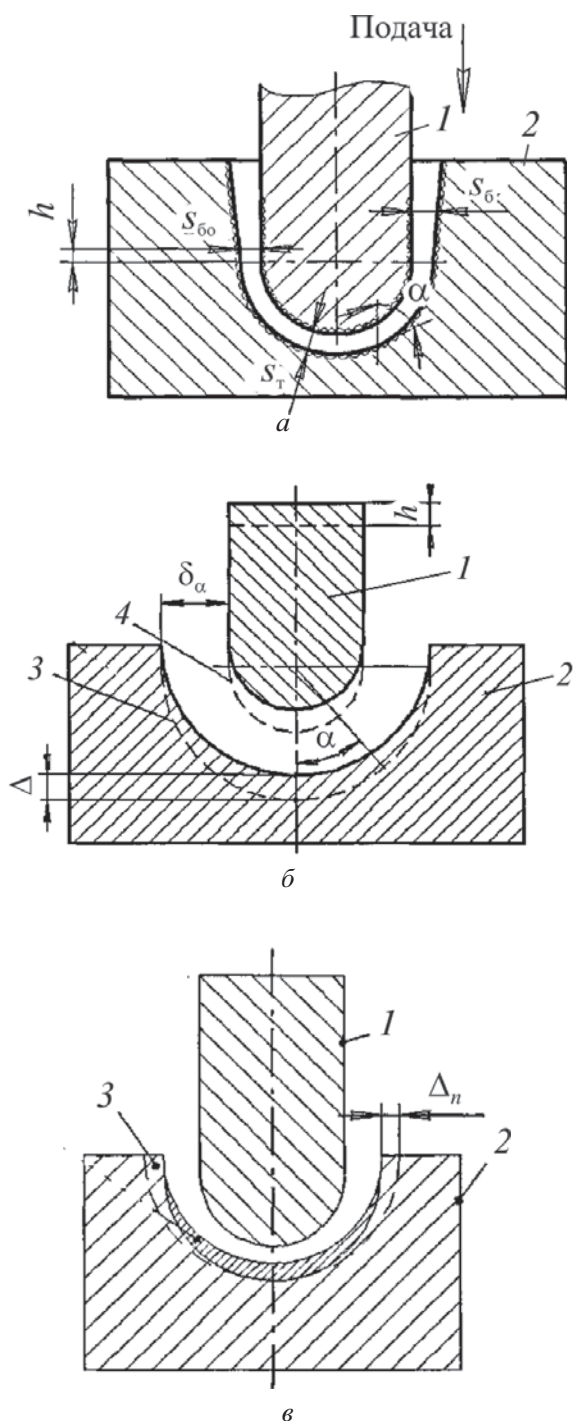


Рис. 10. Схемы зазоров (а, б) и съема материала с заготовки (в) при электроэрозионном копировании: 1 – ЭИ; 2 – заготовка; 3 – снимаемый припуск; 4 – поверхность после обработки; s_t – торцевой зазор; s_{60} – начальный боковой зазор; s_6 – боковой зазор; h – глубина внедрения ЭИ; Δ – припуск снимаемого материала; α – угол, соответствующий участку с наибольшим износом; δ_α – изменение зазора в зависимости от угла α ; Δ_n – оставшийся припуск после обработки

режимах для удаления основного объема припуска; обработки на средних режимах для выравнивания поверхности и удаления дефектов, полученных от предыдущей операции (чистовая обработка). На рис. 2 показано, что для обеспечения тонкой регулировки режима эрозионной обработки заготовки в зависимости от точности обработки поверхностного слоя детали (по критерию R_a) необходимо расширить диапазон регулирования импульсов в окне команд «Эрозия» для оптимального распределения припусков при полустиховой и чистовой обработке. Проведенное корректирование раздела «Импульсы» программного обеспечения электроэрозионного прошивочного станка с ЧПУ фирмы AGIE (Швейцария) позволило расширить эксплуатационно-технологические возможности станка FORM 20.

Заключение

База данных автоматизированного кодирования импульса эрозии разработана для расширения технологических возможностей и повышения эффективности использования станка FORM 20, что особенно важно в условиях многономенклатурного производства. Объем информации базы, созданной для автоматизации процесса разработки управляющей программы, достаточен для программирования процессов обработки деталей широкой номенклатуры. Созданная база данных сокращает время на подготовку управляющей программы и обеспечивает выбор рационального режима эрозии с учетом различных особенностей обрабатываемых материалов.

Список литературы

1. Аверьянова И.О. Обработка деталей концентрированными потоками энергии: учебное пособие. – М.: МГИУ, 2011. – 180 с.
2. Виноградов А.В., Зубков В.А., Тимофеев В.Н. Разработка геометрических моделей и чертежей деталей на базе системы CAD/CAM Pro/Engineer. Ч. 1: учебное пособие. – М.: МГИУ, 2008. – 200 с.
3. Немилов Е.Ф. Справочник по электроэрозионной обработке материалов. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989. – 164 с.

Материал поступил в редакцию 15.09.2012

**АВЕРЬЯНОВА
Инна Олеговна**

E-mail: nn-av@yandex.ru

Кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой металлообрабатывающих систем с ЧПУ, заведующая межвузовской лабораторией станков с ЧПУ ФГБОУ ВПО «МГИУ». Сфера научных интересов – оборудование для обработки материалов резанием и физико-техническими методами; системы числового программного управления. Автор более 50 научных трудов.

**ВИНОГРАДОВ
Артем Владимирович**

E-mail: waw9@mail.msiu.ru

Старший преподаватель кафедры металлообрабатывающих систем с ЧПУ ФГБОУ ВПО «МГИУ». Сфера научных интересов – оборудование для обработки материалов резанием и физико-техническими методами; системы числового программного управления. Автор более 20 научных трудов.

**ПРОДАН
Роман Константинович**

E-mail: prk11@yandex.ru

Аспирант, ведущий инженер межвузовской лаборатории станков с ЧПУ ФГБОУ ВПО «МГИУ». Сфера научных интересов – оборудование для обработки материалов резанием и физико-техническими методами; системы числового программного управления. Автор более 20 научных трудов.

**ВАРФОЛОМЕЕВ
Антон Андреевич**

E-mail: vaa325@gmail.ru

Аспирант, ведущий инженер межвузовской лаборатории станков с ЧПУ ФГБОУ ВПО «МГИУ». Сфера научных интересов – оборудование для обработки материалов резанием и физико-техническими методами; системы числового программного управления. Автор трех научных трудов.