

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
“ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ”
(ВолГТУ)

пр. им. В. И. Ленина, 28, г. Волгоград, 400005
телефон: 844-223-00-76 факс: 844-223-41-21 e-mail: rector@vstu.ru <http://www.vstu.ru>

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор
Волгоградского государственного
технического университета
С. В. Кузьмин
« ____ » _____ 2024 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации

на диссертацию Люшни Дмитрия Андреевича на тему «Повышение эффективности пневмодробеструйного упрочнения деталей из титановых сплавов за счет применения рациональных условий и режимов обработки», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6 – Технология машиностроения

Общие сведения о диссертации

Диссертация состоит из введения, шести глав основного текста, заключения, списка литературных источников, включающего 150 наименований и 2 приложения. Общий объем работы составляет 160 страниц машинописного текста, содержащего 93 рисунка и 20 таблиц.

В национальной электронной библиотеке Elibrary.ru приведены сведения о 6 публикациях Д. А. Люшни по теме диссертационного исследования, в том числе: 2 журнальных статьи в рецензируемых научных изданиях, включенных в перечень ВАК, 1 статьи в журнале, индексируемом в международной базе данных Scopus, 3 статьи в сборниках трудов международных научно-технических конференций РФ. Требования п.п. 11, 13 «Положения о присуждении ученых степеней» в редакции от 25.01.2024 г. выполнены. Диссертация прошла апробацию на научно-технических и научно-практических конференциях, тематика которых совпадает с основным направлением исследований соискателя.

Содержание работы достаточно полно отражено в автореферате и научных публикациях по теме проведенных исследований. Диссертация изложена грамотным техническим языком и оформлена в соответствии с требованиями ВАК. Следует отметить четко определенную структуру диссертационной работы:

- «паспортная» часть работы, включая цель и задачи исследования, обоснована результатами представленного в первой главе анализа известных процессов отделочно-упрочняющей обработки поверхностей деталей, в том числе, деталей авиационной техники, изготавливаемых из титановых сплавов;
- теоретическое обоснование основных положений диссертации, приведенное во второй и третьей главах, согласуется с материалами экспериментальных исследований, описанными в четвертой и пятой главах работы.

Проведенные автором исследования выполнены на основе положений технологии машиностроения, физико-технологических основ методов поверхностного пластического деформирования, методов математического моделирования и материалов ранее проведенных исследований в области упрочняющей обработки с использованием современного программного обеспечения и измерительной и аналитической техники.

Все вместе позволяет утверждать, что автору удалось решить все поставленные задачи диссертационного исследования.

Актуальность темы

В условиях современного рынка и конкуренции важное место принадлежит совершенствованию технологического процесса упрочнения крупногабаритных деталей из титановых сплавов с целью повышения производительности обработки и качества поверхностей. Это обусловлено тем, что существующие технологии построены на практическом опыте, режимы и условия обработки не оптимизированы, нет чёткого представления о влиянии режимов пневмодробеструйной обработки на обеспечение точности, формирование требуемой шероховатости поверхности, микротвердости и остаточных напряжений в поверхностном слое, а также на пространственные отклонения при изготовлении сложных поверхностей круп-

ногабаритных деталей, в частности деталей взлетно-посадочных устройств.

Разработка методик, расчетных моделей и технологий по совершенствованию процессов упрочнения являются важными научными задачами, имеющими реальное применение на производстве. Это позволяет расширить функциональные возможности применения пневмодробеструйного упрочнения, целенаправленно регулировать и стабилизировать режимы обработки для обеспечения требуемых показателей качества поверхности за счет разработки компьютерных моделей, заложенных в технологию изготовления крупногабаритных деталей из титановых сплавов.

Сложность поставленных задач, многообразие факторов, влияющих на проблемы обеспечения себестоимости, производительности, качества и точности поверхностей, повышение долговечности деталей из титановых сплавов, свидетельствует о том, что тема диссертации является актуальной.

Структура и содержание диссертации

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи работы, научная новизна и практическая значимость работы, методология исследования, представлены основные научные положения, выносимые на защиту, приведены сведения об апробации работы.

Целью исследования заявлено повышение производительности процесса ПДУ и обеспечение требуемых параметров качества поверхности деталей из титановых сплавов на основе определения рациональных режимов поверхностного пластического деформирования материала.

Достижение поставленной цели возможно в результате решения следующих, сформулированных автором исследования, **задач**: разработка комплекса имитационных моделей процесса ПДУ, отражающих систему взаимосвязей технологических условий обработки – скорости движения сопла и скорости дробы в обрабатываемом факеле, угла наклона оси факела по отношению к обрабатываемой поверхности, – с фактической площадью контакта потока дробы с поверхностью заготовки с учетом образования застойных зон и количественными параметрами напряженно-деформированного состояния поверхностного слоя обработанной по-

верхности; проведение вычислительного эксперимента и построение расчетных зависимостей, количественно описывающих взаимосвязь режимов ПДУ с параметрами напряженно-деформированного состояния поверхностного слоя заготовки; исследование влияния ПДУ на напряженно-деформированное состояние и микротвердость поверхностного слоя заготовки; исследование шероховатости поверхности крупногабаритных деталей сложных пространственных форм, обработанных ПДУ; опытно-промышленная проверка процесса ПДУ в условиях действующего производства.

В первой главе представлен литературный обзор и анализ современных проблем совершенствования технологии упрочнения деталей из титановых сплавов. Проведенный в данной работе анализ показывает, что отсутствуют научно обоснованные методики и рекомендации по оптимизации режимов упрочнения, рациональных условий применения дробеструйной обработки, формирования качества поверхности. До сих пор мало внимания уделяется моделированию процесса пневмодробеструйного упрочнения (ПДУ), а также рассмотрению возникающих внутренних напряжений и деформаций с позиций современных представлений теории упругости и механики деформирования твердых тел. Как правило, обоснованный выбор режимов ПДУ предусматривает построение математических моделей процесса взаимодействия дроби с обрабатываемой поверхностью. Однако в существующих моделях не учитываются особенности взаимодействия единичной дроби, структура факела струи и роль распыляющего сопла при высоких скоростях упрочнения на степень пластической деформации поверхности детали. Основным недостатком ранее проведенных исследований является отсутствие системного подхода к вскрытию причин изменения качества поверхности деталей из титановых сплавов в процессе упрочнения. Это затрудняет разработку научно обоснованных принципов создания технологических процессов упрочнения, что особенно важно для автоматизированных производств, применяющих оборудование с ЧПУ.

Большое разнообразие факторов, влияющих на процессы упрочнения, требует применения системного подхода к назначению условий обработки и проведе-

ния дальнейших комплексных исследований, направленных на повышение эффективности пневмодробеструйной обработки.

Цель и задачи исследования обоснованы проведенным литературным и патентным обзорами, анализом существующих способов упрочнения и методов исследования остаточных напряжений крупногабаритных деталей из титановых сплавов в зависимости от технологии их изготовления.

Во второй главе описан разработанный комплекс имитационных моделей, предназначенных для исследования влияния потока сжатого воздуха с дробью при ПДУ на напряженно-деформированное состояние поверхности заготовки:

- имитационная модель, отражающая взаимосвязь элементов технологического режима ПДУ и общих условий обработки – скорости и диаметра дроби, физических свойств материала, расстояния до обрабатываемой поверхности с величиной площади контакта потока дроби с поверхностью заготовки с учетом образования застойных зон;
- имитационная модель, количественно описывающая влияние скорость, диаметра и угла подачи дроби, физических свойств материалов на остаточные напряжения, упругие и пластические деформации, а также глубину слоя сизменными физико-механическими свойствами. Приведены результаты имитационного моделирования процесса ПДУ, позволившие рассчитать накопленную деформацию в поверхностном слое заготовки при точечном воздействии дроби для определения остаточных напряжений; напряжённо-деформированного состояния поверхностного слоя заготовок;
- имитационная модель, отражающая влияние элементов технологического режима и общих условий ПДУ – скорости и диаметра дроби, угла подачи дроби, расстояния до поверхности заготовки, скорости продольной подачи потока дроби на напряжённо-деформированное состояние поверхностного слоя заготовки с учётом скорости движения распыляющего сопла и скорости насыщения предельной пластической деформации. Для выбора рационального режима обработки разработана модель массивированного влияния ударного воздействия на обрабатываемую поверхность, основанная на результатах

первых двух имитационных моделей.

Использование комплекса имитационных моделей позволяет определить напряженно-деформированное состояние поверхности с учетом скорости дроби, скорости движения сопла, особенностей воздействия потока дроби на обрабатываемую поверхность заготовки, а также описать процесс ПДУ с учетом факторов, оказывающих влияние на качество обработанной поверхности.

В третьей главе приведены результаты имитационного моделирования процесса ПДУ с использованием моделей, разработанных во второй главе.

Используя имитационную модель 1, определены динамические параметры дроби в потоке воздуха при диапазоне угла наклона сопла $[60^\circ \dots 90^\circ]$ – угол одностороннего расширения внешней границы струи α_1 , описывающий расширение обрабатывающего потока дроби и угол внутренней границы α_2 , который характеризует размер наиболее активной зоны влияния обрабатывающего потока на поверхность – ядро потока. На основе значений α_1 и α_2 были определены площадь контакта потока дроби с поверхностью заготовки и площадь застойной зоны. Установлено, что застойная зона существует при любых режимах ПДУ. Минимальные размеры застойной зоны получены при удалении сопла от обрабатываемой поверхности $L = 150$ мм, скорости потока дроби $V = 90$ м/сек и величине угла $\alpha = 60^\circ$. Установлено, что увеличение скорости дроби до 90 м/с в интервале значений угла $\alpha = [60^\circ \dots 90^\circ]$, при диаметре дроби $d = 0,3$ мм и $L = 150$ мм, повышает интенсивность насыщения поверхности пластической деформацией и позволяет добиться требуемого напряженно-деформированного состояния.

Имитационное моделирование позволило определить напряженно-деформированное состояние поверхности с учетом движения сопла и воздействия потока дроби на обрабатываемую поверхность заготовки, а также описать процесс ПДУ учитывая все факторы, оказывающие воздействие на качество обработки. Определены диапазоны технологических режимов, обеспечивающие изменение величины остаточных напряжений и пластических деформаций и закономерности их изменения. Исследования показали, что повышение скорости движения сопла способствует снижению интенсивности насыщения поверхности пластической

деформацией, которое компенсируется повышением скорости дроби для обеспечения требуемого уровня остаточных напряжений и пластических деформаций.

На основании имитационного моделирования проведена серия виртуальных компьютерных экспериментов и построены регрессионные модели, описывающие напряженно-деформированное состояние поверхностного слоя обрабатываемой заготовки. Доказано, что доминирующее влияние на формирование максимальных остаточных напряжений при ПДУ титановых сплавов оказывают скорость дроби, диаметр дроби и скорость движения сопла.

В четвертой главе представлены результаты экспериментальных исследований влияния режимов ПДУ на формирование остаточных напряжений, пластических деформаций и микротвердости в поверхностном слое. Приведены параметры технологического режима обработки при проведении экспериментов. Анализ полученных результатов показал, что различие экспериментальных и расчетных значений не превышает 30 % при скорости $V = 60$ м/мин и 50 % при $V = 90$ м/мин. Полученные различия связаны с тем, что при имитационном моделировании не учитываются случайные вариации распределения потока дроби и наследственность при выполнении технологических операций.

Исследование влияния скорости дроби на распределение микротвёрдости по глубине поверхностного слоя образцов из титанового сплава на «косых шлифах» показало, что изменение скорости дроби в интервале $V = 60 \dots 90$ м/мин не вызывает существенного – более 4...6 %, – изменения величины микротвердости и глубины упрочненного слоя.

В пятой главе приведены описание методики и результаты исследования микрогеометрии поверхности после ПДУ. Исследования микрорельефа проведены контактным профильным (профилограф-профилометр «Абрис ПМ7») и бесконтактным (оптико-электронный метод) способами. Контактный способ оценки шероховатости реализован на лабораторных образцах-свидетелях, бесконтактный – в производственных условиях. Сравнение оптического и профильного методов показало, что значение величины среднеарифметического отклонения высоты микропрофиля Ra , полученное оптическим методом, ниже на 30...40 %. Это

связано с тем, что профильный метод позволяет измерить параметры шероховатости только в одном (продольном) направлении, а оптический дает оценку «по площади».

Установлено, что повышение Ra практически прямо пропорционально изменению скорости движения сопла, т. е. влияние скорости V_c на микрогеометрию обработанной поверхности следует считать значимым.

В шестой главе приведены результаты оценки эффективности предлагаемой технологии ПДУ, которая подтверждена опытно-промышленными испытаниями в условиях предприятия ОАО «Авиаагрегат» (г. Самара).

Результаты опытно-промышленных испытаний показали, что производительность процесса упрочнения при использовании предлагаемых режимов повысилась в 1,2 – 1,4 раза при обеспечении требуемых показателей качества поверхностного слоя детали. Экономический эффект при ПДУ детали «Траверса» составил более 14 тыс. руб. в расчете на 1 деталь за счет увеличения скорости дроби V , скорости движения сопла V_c , уменьшения длительности цикла обработки на станке с ЧПУ и снижения расхода дроби.

В заключении сформулированы основные результаты исследования.

Новизна исследований и ценность полученных результатов: решена научно-производственная задача повышения производительности и обеспечения качества обработки изделий из титановых сплавов за счет рационального назначения технологических режимов обработки. Новые научные результаты состоят в том, что:

- разработан комплекс имитационных моделей процесса ПДУ, описывающих систему взаимосвязей между общими условиями (свойства материалов, размеры обрабатываемой поверхности) и технологическим режимом (размер дроби, скорость дроби на выходе из сопла, размер сопла, скорость перемещения сопла, расстояние между соплом и поверхностью заготовки, угол соударения дроби с обрабатываемой поверхностью) обработки и оценками результативности моделируемого процесса (фактическая площадь контакта обрабатывающего факела с поверхностью заготовки, характеристики напряженно-

- деформированного состояния и микрогеометрии обработанной поверхности);
- количественно описаны взаимосвязи между элементами технологического режима обработки и системой оценок результативности процесса ПДУ в виде регрессионных моделей, построенных по результатам виртуального вычислительного эксперимента на основе комплекса имитационных моделей;
 - экспериментально обосновано согласование результатов исследования микрорельефа апробированным контактным и предложенным бесконтактным методами и доказана корректность количественных оценок параметров микрорельефа поверхности сложного профиля, обработанной ПДУ, получаемых бесконтактным методом.

Теоретическая значимость результатов заключается в разработке комплекса имитационных моделей, учитывающих влияние условий и режима процесса ПДУ на формирование параметров качества поверхностей деталей и производительность процесса.

Практическая значимость результатов и рекомендации по использованию

- разработаны практические рекомендации по определению рациональных условий упрочнения поверхностного слоя деталей при ПДУ, режимов и условий ПДУ, обеспечивающих требуемые параметры качества обработки поверхностей изделий из титанового сплава;
- разработаны практические рекомендации по бесконтактному измерению шероховатости на поверхностях крупногабаритных деталей сложных пространственных форм на рабочем месте.

Практическая значимость подтверждается результатами опытно-промышленных испытаний разработанной технологии в условиях действующего производства и внедрением материалов и результатов исследования в учебный процесс подготовки магистров по направлению 15.04.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств.

Основные положения и выводы диссертации Д. А. Люшни могут быть использованы в практике машиностроительных предприятий с целью повышения

надежности и долговечности ответственных изделий машиностроения за счет обоснованного управления процессом упрочняющей дробеструйной обработки. Результаты диссертационной работы Люшни Д. А. представляют интерес для внедрения на предприятиях общего и транспортного машиностроения, в других наукоёмких отраслях промышленности, в частности на предприятиях авиационной промышленности при производстве изделий сложной формы из титановых сплавов.

Достоверность и обоснованность основных результатов и выводов обеспечена корректностью постановки задач, обоснованным использованием аналитических зависимостей, строгостью использованного математического аппарата, корректной постановкой экспериментов и подтверждается качественным и количественным соответствием теоретических исследований с экспериментальными данными, использованием апробированных методов и средств измерения, обоснованностью принятых допущений и ограничений, применением сертифицированного программного комплекса, адекватностью полученных эмпирических зависимостей, хорошей сходимостью результатов численных и экспериментальных исследований между собой, а также с данными других исследователей.

Выводы по работе строго соотносятся с соответствующими задачами исследования и имеют теоретическое и экспериментальное подтверждение:

- первый вывод обоснован; достоверность подтверждается материалами главы 2 диссертации; содержит признаки научной новизны в соответствии с областями исследований 3, 5 паспорта специальности 2.5.6 – Технология машиностроения.
- второй вывод обоснован; достоверность подтверждается материалами главы 2 и раздела 3.1 диссертации; содержит признаки научной новизны в соответствии с областями исследований 3, 4 паспорта специальности 2.5.6 – Технология машиностроения;
- третий вывод обоснован; достоверность подтверждается материалами главы 2 и раздела 4.1 диссертации; содержит признаки научной новизны в соответствии с областями исследований 3, 4 паспорта специальности 2.5.6 – Тех-

нология машиностроения;

- четвертый вывод обоснован; достоверность подтверждается материалами главы 3 диссертации; содержит признаки научной новизны в соответствии с областями исследований 3, 4, 5 паспорта специальности 2.5.6 – Технология машиностроения;
- пятый вывод обоснован; достоверность подтверждена материалами раздела 3.2 и главы 4 диссертации; содержит признаки научной новизны в соответствии с областью исследований 7 паспорта специальности 2.5.6 – Технология машиностроения;
- шестой вывод обоснован; достоверность подтверждена материалами раздела 3.2 и главы 4 диссертации; содержит признаки научной новизны в соответствии с областью исследований 5 и элементы практической значимости в соответствии с областью исследований 7 паспорта специальности 2.5.6 – Технология машиностроения;
- седьмой вывод обоснован; достоверность подтверждена материалами главы 5 диссертации, содержит признаки научной новизны в соответствии с областью исследований 5 и элементы практической значимости в соответствии с областью исследований 7 паспорта специальности 2.5.6 – Технология машиностроения;
- восьмой вывод обоснован; достоверность подтверждена материалами главы 6 диссертации; не содержит признаков научной новизны; относится к «практической значимости» в соответствии с областью исследований 2 паспорта специальности 2.5.6 – Технология машиностроения.

Дополнительным обоснованием достоверности результатов и корректности выводов диссертационного исследования служит промышленное внедрение, подтвержденное соответствующими документами.

Соответствие специальности

Проведенные автором исследования и их результаты соответствуют формуле и областям исследования, определенным в паспорте научной специальности

2.5.6 – Технология машиностроения:

- 2) технологические процессы, операции, установки, позиции, технологические переходы и рабочие ходы, обеспечивающие повышение качества изделий и снижение их себестоимости.
- 3) Математическое моделирование технологических процессов и методов изготовления деталей и сборки изделий машиностроения.
- 4) Совершенствование существующих и разработка новых методов обработки и сборки с целью повышения качества изделий машиностроения и снижения себестоимости их выпуска.
- 5) Методы проектирования и оптимизации технологических процессов.
- 7) Технологическое обеспечение и повышение качества поверхностного слоя, точности и долговечности деталей машин.

По работе имеется ряд **замечаний** – как по существу, так и формальных.

Замечания по существу работы:

1. Одной из отличительных особенностей работы является разработка и активное применение комплекса «имитационных» (гл. 2, 3) моделей процесса ПДУ. В чем, с точки зрения автора, состоит различие между имитационными, аналитическими и статистическими моделями? Во всех трех моделях предполагается описание системы взаимосвязей между входными (общие условия и технологический режим обработки) и выходными (шероховатость, производительность, оценка напряженно-деформированного состояния обработанной поверхности) параметрами.
2. При построении имитационных (гл. 2, 3) моделей процесса ПДУ автор не учитывает технологическую наследственность.
3. В диссертационной работе приведены (табл. 1, стр. 13 автореф.; ф. 3.9, стр. 94, табл. 3.9, стр. 97 дисс.) линейные математические модели процесса ПДУ, отражающие взаимосвязь между количественными оценками условий обработки и параметрами качества поверхностного слоя, предназначенные для определения рациональных режимов ПДУ. Однако, в работе отсутствует явное указание на этап обработки (черновая или чистовая) и не приведено

обоснование выбора математической спецификации модели – неясно, почему для расчетов предлагается именно линейная модель.

4. В диссертации не приведено обоснование выбора схемы взаимодействия потока дроби с поверхностью детали – как следствие, влияние геометрических размеров и формы обрабатываемых поверхностей на качество обработанной поверхности не рассматривается.
5. Несмотря на явную новизну подхода к теоретическому определению площади застойной зоны (гл. 2) при взаимодействии факела дроби с обрабатываемой поверхностью, автор не рассматривает потери энергии при соударении дроби с обрабатываемой поверхностью.
6. Необходимо более строгое обоснование выбора метода исследования напряженно-деформированного состояния поверхности после ПДУ – неясно, почему автор использует исследование только тангенциальных напряжений на поверхности образцов-свидетелей.
7. В работе глубоко исследованы вопросы формирования микрорельефа обработанной поверхности, и важные аспекты напряженно-деформированного состояния поверхностного слоя и определены диапазоны рациональных режимов ПДУ. Однако, исследованию степени пластической деформации при предлагаемых режимах упрочнения уделено недостаточно внимания.

Формальные замечания:

8. В тексте диссертации встречаются (например, на стр. 105 «образцов свидетелей», на стр. 106 «образов-свидетелей» вместо «образцов-свидетелей» и др.) орфографические ошибки.
9. Кривые на графиках сравнения расчетных данных и экспериментально полученных результатов (рис. 4.7, 4.8, стр. 108...109 дисс.) построены с отступлениями от общепринятых рекомендаций. В частности, на расчетных гладких кривых (линии 1) показаны маркеры точек, что характерно для экспериментальных зависимостей. В то же время, на экспериментальных графиках (линии 2) маркеры соединены гладкой линией, что обычно делается для расчетных зависимостей. Кроме того, на экспериментальных зависимостях

не показаны «отсечки» погрешностей.

Указанные замечания не снижают общей ценности диссертационной работы и не влияют на значимость теоретических и практических результатов исследования. Замечания носят рекомендательный характер и могут быть учтены автором при планировании дальнейших исследований.

Заключение о соответствии диссертации

1. Диссертация выполнена на актуальную тему. Научные результаты, полученные автором, вносят существенный вклад в развитие и направление совершенствования высокоэффективных методов обработки деталей авиационной техники из титановых сплавов за счет оптимизации режимов пневмо-дробеструйного упрочнения и прогнозирования параметров качества поверхности. Работу можно классифицировать как перспективное направление развития науки и техники. Выводы обоснованы. Исследование имеет характер завершенной научно-квалификационной работы, в которой содержится решение проблемы, имеющей практическое применение в современном машиностроении.

2. Автореферат корректно и полно отражает содержание диссертации.

3. Проведенные автором исследования и их результаты по содержанию, научной новизне и практической значимости соответствуют паспорту научной специальности 2.5.6 – Технология машиностроения.

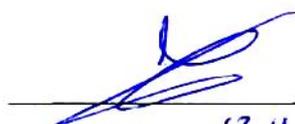
4. Содержание исследования достаточно полно отражено в открытой печати в опубликованных автором научных работах, в том числе, в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ.

Учитывая значимость материалов диссертации для науки и практики, актуальность тематики, личный вклад соискателя, уровень обсуждения результатов в печати и на конференциях, следует признать диссертационную работу «Повышение эффективности пневмодробеструйного упрочнения деталей из титановых сплавов за счет применения рациональных условий и режимов обработки» по своему содержанию, объему, актуальности, научной и практической значимости, соответствующей требованиям ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям и определенным

пунктами 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. за № 842 с изменениями на 25.01.2024 г., а ее автора, ЛЮШНЮ Дмитрия Андреевича, заслуживающим присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6 – Технология машиностроения.

Отзыв обсужден и единогласно одобрен на расширенном заседании кафедры «Технология машиностроения» ВолгГТУ с участием кафедр «Автоматизация технологических процессов» ВолгГТУ и «Технология и оборудование машиностроительных производств» Волжского политехнического института (ВПИ, филиал ВолгГТУ), протокол № 2 от 24 октября 2024 г. В обсуждении работы приняли участие 16 преподавателей, в т. ч. 6 докторов и 8 кандидатов технических наук по специальностям 05.02.07 (05.03.01, 2.5.5), 05.02.08 (2.5.6) и 05.13.06 (2.3.3).

Заведующий кафедрой
«Технология машиностроения»
ФГБОУ ВО «Волгоградский
государственный
технический университет»
докт. техн. наук, профессор,
специальности:
05.02.08 – «Технология машиностроения»;
05.13.06 – «Автоматизация и управление
технологическими процессами и
производствами в машиностроении»



Юлий Львович
Чигиринский

12.11.2024

Julio-Tchigirinsky@yandex.ru;
techmash@vstu.ru

тел. 844-224-84-29

