

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ОБЪЕДИНЕННОГО ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
99.2.001.02, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАР-
СТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» И ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАР-
СТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТОЛЬЯТТИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВА-
НИЯ РФ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета
от 25. 12. 2024 г. № 84

О присуждении Люшне Дмитрию Андреевичу, гражданину Луганской Народной Республики, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение эффективности пневмодробеструйного упрочнения деталей из титановых сплавов за счет применения рациональных условий и режимов обработки» по специальности 2.5.6 – «Технология машиностроения (технические науки)» принята к защите 23.10 2024 г., протокол № 83, объединенным диссертационным советом 99.2.001.02, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения (ФГБОУ) высшего образования (ВО) «Ульяновский государственный технический университет», ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», Министерства науки и высшего образования РФ, по адресу 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32, действующим на основе приказов № 123/нк от 17.02.2015 г., № 561 от 03.06.2021, № 859/нк от 12.07.2022 г. и № 250/нк от 20.03.2024 г.

Соискатель Люшня Дмитрий Андреевич, 17 января 1996 года рождения.

В 2019 году с отличием окончил Самарский государственный технический университет по направлению 15.04.05 – «Конструкторско-

технологическое обеспечение машиностроительных производств» и получил степень магистра.

В 2023 году окончил очную аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Самарский государственный технический университет» по направлению подготовки 15.06.01 – Машиностроение, специальность 2.5.6 – Технология машиностроения.

Диссертация выполнена на кафедре «Технология машиностроения, станки и инструменты» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования РФ.

Научный руководитель – Носов Николай Васильевич, профессор, д.т.н., профессор кафедры «Технология машиностроения, станки и инструменты» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет».

Официальные оппоненты:

1. Тамаркин Михаил Аркадьевич доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону.

2. Швецов Алексей Николаевич кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология производства двигателей» ФГБОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», г. Самара.

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград., в своем положительном заключении, рассмотренном и единогласно одобренном 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., указа-

ла, что диссертация Люшни Дмитрия Андреевича является законченным научным исследованием. В обсуждении работы приняли участие 16 преподавателей, в том числе 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).

В Заключении, подписанным заведующим кафедрой «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» д.т.н., профессором Юлием Львовичем Чигиринским, специальности: 05.02.08 – «Технология машиностроения»; 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами в машиностроении» и утвержденным Первым проректором Волгоградского государственного технического университета членом-корр. РАН, профессором, д.т.н. Кузьминым Сергеем Викторовичем указано, что диссертация Люшни Д.А. на тему «Повышение эффективности пневмодробеструйного упрочнения деталей из титановых сплавов за счет применения рациональных условий и режимов обработки» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований изложены научно-обоснованные конструкторско-технологические решения по повышению эффективности пневмодробеструйного упрочнения деталей из титановых сплавов для развития авиационной промышленности.

По результатам работы над диссертацией автором опубликовано восемь печатных работ, в том числе три статьи в журналах из Перечня, рекомендованного ВАК РФ. Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы.

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, объёму, 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 автор, Люшня Дмитрий Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6 – Технология машиностроения .

Наиболее значимые работы соискателя по теме диссертации:

1. Кургузов, Ю. И. Движение микрочастиц в воздушной среде при пневмодробеструйной обработке / Ю. И. Кургузов, Д. А. Люшня // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2020. – Т. 22. № 3(95). – С. 120 – 126.

2. Носов, Н. В. Исследование структуры сложных поверхностей деталей после дробеструйной обработки / Н. В. Носов, Д. А. Люшня // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2023. –Т.24. № 4(2). – С. 104 – 108.

3. Nosov, N. V. Investigation of residual stresses during processing of GTE blades with microbeads / N. V. Nosov, Y. I. Kurguzov, D. A. Lyushnya // Materials Science Forum. – 2021. – Vol. 1037 MSF. – P. 547 – 551.

4. Люшня, Д. А. Исследование энергетической составляющей при пневмодробеструйном упрочнении / Д. А. Люшня // Высокие технологии в машиностроении : Материалы XIX всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Самара, 10–11 ноября 2022 года / Отв. редактор Р.Г. Гришин. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2022. – С. 108 – 110.

5. Люшня, Д. А. Исследование процесса дробеструйной обработки с применением DEM-FEM подхода / Д. А. Люшня // Материаловедение, формообразующие технологии и оборудование 2022 (ICMSSTE 2022) : Материалы международной научно-практической конференции, Ялта, 16–19 мая 2022

года / Отв. редактор В.В. Дядичев. – Симферополь: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского" (Медицинская академия имени С.И. Георгиевского - структурное подразделение), 2022. – С. 531 – 537.

6. Люшня, Д. А. Исследование неполной линейной регрессионной модели эффективности пневмодробеструйного упрочнения / Д. А. Люшня, В. А. Дмитриев // Высокие технологии в машиностроении : Материалы XX всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Самара, 9–10 ноября 2023 года / Отв. редактор Р.Г. Гришин. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2023. – С. 68 – 74.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Отзыв ведущей организации – **ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»**, г. Волгоград, подписанный д.т.н., профессором, заведующим кафедрой Ю.Л. Чигиринским и утвержденный Первым проректором по ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград, членом-корр. РАН, профессором, д.т.н. Кузьминым Сергеем Викторовичем.

Отзыв положительный, имеются 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 14 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.

2. Отзыв официального оппонента - **Тамаркина Михаила Аркадьевича**, д.т.н., профессора, заведующего кафедрой «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Донской государственной технической университет», г. Ростов-на-Дону.

Отзыв положительный, со следующими замечаниями. Работа в целом производит хорошее впечатление, однако следует отметить некоторые вопросы и замечания, в том числе редакционного характера:

1. Задачи, решаемые в диссертации, ставятся на основе материала ВТ22, однако не понятно на какой основе сделан этот выбор, т.к. высокопрочных титановых сплавов больше.

2. Не приведены методики КЭ-анализа. В частности, ничего не сказано про этапы выполнения анализа: физические характеристики объектов, необходимые для решения задачи; разбиение модели на конечные элементы (какую форму конечных элементов, тип разбиения и размеры элементов ис-

пользовали), ограничения, нагрузки и т.д. Не понятно также, каким образом решали задачу идентификации профиля остаточных напряжений и добавления этого профиля в модель конечных элементов.

3. В разделе «Имитационное моделирование» приведены рекомендации по выбору режимов ПДУ для плоских поверхностей, но отсутствует переход по выбору режимов для криволинейных цилиндрических поверхностей и поверхности сложной формы. Нужно обосновать, возможно ли такое допущение?

4. Следует привести в порядок терминологию. Необходимо пояснить, что означают понятия «вносимые напряжения», «глубина деформационного воздействия», «общая деформация», «эквивалентные упругие деформации» и др.

5. В работе используется скорость дроби при упрочнении 90 м/с, но не сказано, чем ограничивается такая скорость шариков.

6. На процессы упрочнения и формирования остаточных напряжений влияет не только силовой, но и температурный фактор. При ударах шариков о поверхность заготовки температура ее поверхности повышается. Учитывается ли это в используемых в программных комплексах?

7. На рис. 3.24 и 3.25 максимальные значения остаточных напряжений, формируемых при скорости 60 и 90 м/с отличаются незначительно? С чем это связано?

8. В описании методики исследования шероховатости поверхности оптическим методом неясно как выбирались размеры эталона (дисс., стр. 40), а также отсутствует объяснение по влиянию освещенности исследуемой поверхности на параметры автокорреляционной функции. Какова погрешность измерения параметров шероховатости с помощью оптико-электронного комплекса? В каких случаях его использование необходимо?

Указанные замечания носят частный характер и не снижают значимости выполненных исследований. Актуальность работы, её научная новизна, практическая и теоретическая полезность полученных в ней результатов не

вызывают сомнений.

В целом приведенные замечания не снижают научной новизны, практической ценности полученных результатов и общей положительной оценки диссертационной работы.

3. Отзыв официального оппонента – **Швецова Алексея Николаевича**, к.т.н., доцента кафедры технологий производства двигателей, ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва» (Самарский университет). Защитил кандидатскую диссертацию по специальности 05.07.05.

Отзыв положительный, со следующими замечаниями. Несмотря на достаточно высокий уровень, диссертационная работа Люшни Дмитрия Андреевича не лишена некоторых недостатков:

1. В первой главе автором диссертации приводятся какие результаты были достигнуты авторами других работах и что в данных работах не учитывается, однако не на все литературные источники в тексте данной главы присутствуют библиографические ссылки, автор диссертации в некоторых ссылках ограничивается только упоминанием фамилий и инициалов авторов упоминаемых работ. В данной главе следовало бы приводить все литературные источники, без исключения, которые автор диссертации анализировал в ходе своей научной работы.

2. К сожалению, автором рассматривается только одна группа обрабатываемых материалов – титановые сплавы, производство деталей авиационной техники не ограничивается применение только этой группы материалов, в производстве стоек шасси самолётов ИЛ-476 также используются высокопрочная сталь 30ХГСН2А-ВД.

3. В подразделе 2.3 при построении имитационной модели № 1 отмечается, что при построении учитывались скорость дроби, диаметр дроби и угол распыла, а при построении имитационной модели №2 не ясно, какие именно параметры процесса пневмодробеструйного упрочнения учитывались в данной модели, и какие допущения принимались.

4. Из подраздела 3.1 не ясно, какие виды напряжений (нормальные, касательные эквивалентные) рассматривались и в каком направлении (окружном, осевом, радиальном). Также автором при анализе результатов моделирования не отмечается какой характер, сжатия или растяжения имеют полученные численным методом остаточные напряжения. О каких напряжениях идет речь?

5. Из результатов расчёта напряжённо-деформированного состояния, полученного с использованием имитационных моделей №2 и №3 приведенных в таблицах 3.4 – 3.6 возникает вопрос, подтверждаются ли данные результаты, с результатами натурных исследований соискателя, либо с работами других авторов, рассмотренных в ходе литературного анализа.

6. На рисунке 4.8 представлены результаты натурных и численных экспериментов, расхождение результатов составляет порядка 50%, автор объясняет эти результаты уменьшением числа многократных воздействий на обрабатываемую поверхность, не совсем понятно, почему они увеличиваются при этом. Из рисунка 4.9 не ясно, какие именно напряжения сравнивались, максимальные или напряжения на поверхности?

7. Автор диссертации в конце раздела 1.5 утверждает, что не существует методик, позволяющих оценить шероховатость на крупногабаритных деталях сложной формы. Вопрос заключается в том, что достаточно ли глубоко соискателем произведен литературный анализ, позволяющий так однозначно говорить. Может быть, стоило говорить, что по результатам литературного анализа в рассмотренных работах подобных исследований найдено не было.

8. Глава 4 имеет название «Исследование остаточных напряжений поверхности после пневмодробеструйного упрочнения», но кроме остаточных напряжений в данной главе рассматриваются деформации образцов после упрочняющей обработки, а также приводятся исследования микротвёрдости. Почему нельзя было дать обобщенное название главы?

9. Каким образом при опытно-промышленной проверки на детали «Траверса» контролировались полученные результаты микротвёрдости, глу-

бины упрочнения, максимальной величины остаточных напряжений и глубины её залегания и шероховатости поверхности.

Указанные замечания не снижают общего положительного впечатления от выполненной диссертационной работы.

4. Отзыв из политехнического института ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», г. Челябинск, подписанный Ардашевым Дмитрием Валерьевичем, д.т.н., профессором кафедры «Технологии автоматизированного машиностроения».

Отзыв положительный, со следующими замечаниями.

1. Не обоснован объект исследования. В чем состоит актуальность рассмотрения процесса ПДУ применительно именно к крупногабаритным сложнопрофильным деталям из титановых сплавов?

2. Формулировка первого, второго и третьего аспектов научной новизны: «Имитационная модель процесса ПДУ для определения ... ». Неясно, что именно является предметом моделирования, что является фактором, что параметром.

3. Формулировка шестого аспекта научной новизны. Говорится о методике по исследованию шероховатости поверхности и идентификации (установление тождественности) параметров структуры с параметрами шероховатости. Структура чего? Какие параметры структуры имеются ввиду? Следовало назвать эти параметры?

4. Теоретическая значимость исследования обычно состоит в предложении новой теории по рассматриваемой теме (подтверждению или опровержению гипотезы) или новых подходов к решению существующей проблемы. В данном случае теоретическая значимость исследования повторяет научную новизну.

5. Отзыв из ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, подписанный Полтавцом Валерием Васильевичем, д.т.н., доцентом, заведующим кафедрой мехатронных систем машиностроительного оборудования и Гусевым Владимиром Владиленовичем,

д.т.н., профессором, профессором кафедры мехатронных систем машиностроительного оборудования.

Отзыв положительный, со следующими замечаниями.

1. Вызывает некоторые сомнения указание автором в качестве положений, выносимых на защиту, имитационных моделей, регрессионных моделей и методик. Более обоснованным, на наш взгляд, было бы выделение в качестве таких положений тех закономерностей и взаимосвязей явлений, которые были установлены автором с помощью данных моделей и методик.

2. Из автореферата не ясно, каким образом в модели точечного контакта дроби с поверхностью заготовки и модели взаимодействия потока дроби с поверхностью заготовки учитывалась накопленная пластическая деформация.

3. Для титановых ($\alpha+\beta$)-сплавов, к которым относится сплав ВТ22, из которого были изготовлены исследуемые автором образцы-свидетели, характерно явно выраженное изменение физико-механических свойств при высоких скоростях деформирования. Учитывалось ли такое изменение в разработанных имитационных моделях?

4. Утверждение автора на стр. 16, что «с увеличением скорости дроби с 60 до 90 м/с величина R_a повышается на 15-20%» не согласуется с результатами, приведенными в таблице 2, согласно которым параметр R_a не увеличивается, а уменьшается.

5. Из автореферата не понятно, за счет каких слагаемых себестоимости получен экономический эффект в расчете на одну деталь (стр. 17) с учетом того, что при увеличении давления воздуха, скорости дроби и скорости движения сопла энергетические затраты возрастут.

6. Отзыв из **ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»**, г. Иркутск, подписанный **Зайдесом Семёном Азиковичем**, д.т.н., профессором, профессором кафедры материаловедения, сварочных и аддитивных технологий ИРННТУ, заслуженного работника ВШ РФ.

Отзыв положительный, со следующими замечаниями.

1. В подразделе «Актуальность» автор отмечает, что при скорости 90 м/с, происходит раскол дроби и снижается долговечность упрочненных изделий. Однако исследования проведены именно на такой скорости дроби, и не указаны параметры и режимы, которые устраняют указанные недостатки.

2. В автореферате не представлены графики распределения остаточных напряжений по глубине упрочненного слоя, не указан их вид и какие значения (максимальные или на поверхности) показаны на представленных в автореферате рисунках.

3. В подразделе «Структура и объем диссертационного исследования» указано, что диссертация состоит из 6 глав, но в автореферате отражено только 5 глав.

7. Отзыв из **ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет»**, г. Курган, подписанный **Курдюковым Владимиром Ильичем**, д.т.н., профессором, профессором кафедры «Машиностроение».

Отзыв положительный, со следующими замечаниями.

1. Предметом исследований являются, все же закономерности формирования напряженно-деформированного состояния поверхностного слоя деталей из титановых сплавов при пневмодробеструйном упрочнении, а не сам процесс исследования этих закономерностей, как указано в автореферате.

2. Нет описания методики оптимизации условий и режимов операции ПДУ хотя эта оптимизация является целью работы.

Здесь, на мой взгляд, автору просто необходимо было использовать метод математического планирования оптимального многофакторного эксперимента. Это позволило бы значительно сократить трудоемкость исследований и повысить степень достоверности их результатов.

3. Не приведено объяснения физической сути явлений, протекающих в зоне обработки в следствии которых, автором получены те или иные результаты воздействия входных факторов на выходные параметры процесса ПДУ. Например, почему:

- при повышении скорости дроби с 60 до 90 м/с при диаметре дроби 0,3 мм остаточные напряжения увеличиваются с 750 – 780 МПа до 800 – 810 МПа, а колебания остаточных напряжений связаны с изменением угла наклона сопла и не превышают 5 – 7 %?

- 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?

8. **Отзыв из Поволжского государственного технического университета, г. Йошкар-Ола, подписанный Алибековым Сергеем Якубовичем, д.т.н., доцентом, заведующим кафедрой машиностроения и материаловедения. Отзыв положительный, замечаний не имеется.**

9. **Отзыв из Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград, подписанный Бурлаченко Олегом Васильевичем, д.т.н., профессором, заведующим кафедрой технологии строительного производства института архитектуры и строительства.**

Отзыв положительный, со следующими замечаниями.

К замечаниям по работе следует отнести отсутствие (по крайней мере в автореферате) четко сформулированных критериев, которые позволяют установить функциональные зависимости производительности ПДУ от различных факторов и, собственно, самих зависимостей в виде математической модели.

10. **Отзыв из ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», г. Новосибирск, подписанный Зверевым Егором Александровичем, к.т.н., доцентом, доцентом кафедры проектирования технологических машин.**

Отзыв положительный, со следующими замечаниями.

В качестве замечания по автореферату можно указать то, что регрессионные зависимости параметров напряженно-деформированного состояния поверхностного слоя (табл. 1) являются линейными, хотя использование ма-

тематического планирования второго порядка позволило бы получить более точные уравнения. Указанное замечание не носит принципиального характера и не влияет на общую положительную оценку автореферата диссертации. Достоверность результатов исследования и обоснованность рекомендаций не вызывает сомнений, публикации в достаточной мере отражают суть работы.

11. **Отзыв из ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», г. Пенза, подписанный Зверовщиковым Александром Евгеньевичем, д.т.н., профессором, заведующим кафедрой «Технологии и оборудование машиностроения» и Зверовщиковым Владимиром Зиновьевичем, д.т.н., профессором, профессором кафедры «Технологии и оборудование машиностроения».**

Отзыв положительный, со следующими замечаниями:

1) из какого материала предполагается изготавливать сопло устройства для обеспечения его износостойкости при увеличении давления сжатого воздуха более чем в два раза, а скорости дробы на одну треть по сравнению с производственной технологией?

2) непонятно, что автор подразумевает под выражением «насыщение поверхностного слоя пластическими деформациями», так на с.10 автореферата он называет это явление «момент постоянства напряжений», а на с.17, табл.3 - «количество ударов до предельной пластической деформации»;

3) из автореферата неясно, определялась ли для титановых сплавов предельно допустимая интенсивность динамического воздействия (ударов) дробы на единицу площади обрабатываемой поверхности, после которой начинается «перенаклеп» металла с разрушением поверхностного слоя.

Указанные замечания не снижают положительной в целом оценки исследований, выполненных автором.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается широкой известностью их достижений в области упрочняющих технологий машиностроения, наличием научных разработок, публикаций в рецензируемых журналах и вкладом в развитие данного направления иссле-

дований, обладают достаточной квалификацией, позволяющей оценить новизну представленных на защиту результатов, их научную и практическую значимость, обоснованность и достоверность полученных выводов. В ведущей организации и организациях, в которых осуществляют свою деятельность официальные оппоненты, выполнен значительный объем научных исследований, связанных с изучением процессов упрочнения, рассматриваемых соискателем в диссертационной работе.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны научно обоснованные рекомендации по выбору рациональных режимов пневмодробеструйного упрочнения (ПДУ) заготовок деталей из титановых сплавов;

разработаны имитационные модели процесса пневмодробеструйного упрочнения для определения площади контакта потока дроби с обрабатываемой поверхностью с учетом застойной зоны, определения напряжённо-деформированного состояния поверхностного слоя заготовок при точечном воздействии дроби и при воздействии потока дроби с учетом скорости движения распыляющего сопла и скорости насыщения предельной пластической деформации;

разработана регрессионная модель по определению параметров напряженно-деформированного состояния поверхностного слоя заготовки в зависимости от условий и режима ПДУ;

предложена инженерная методика определения шероховатости поверхностей крупногабаритных деталей сложных пространственных форм с помощью оптико-электронного комплекса;

доказана эффективность применения рациональных режимов ПДУ при обработке заготовок крупногабаритных деталей из титановых сплавов и возможность повышения производительности процесса упрочнения;

введено понятие "застойная зона", позволяющее определять эффективную площадь контакта потока дроби с заготовкой в зависимости от условий и режимов ПДУ.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность повышения производительности ПДУ крупногабаритных деталей из титановых сплавов за счет рациональных режимов упрочнения, полученных на основании имитационного моделирования процесса взаимодействия потока дроби с поверхностью заготовки;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы имитационные модели процесса ПДУ при взаимодействии потока дроби с обрабатываемой поверхностью для определения площади контакта, остаточных напряжений и накопленной деформации в поверхностном слое заготовки, а также многофакторное планирование процесса ПДУ для получения регрессионной модели влияния режимов упрочнения на напряженно-деформированное состояние поверхности;

изложены результаты численного моделирования, которые позволили спрогнозировать основные направления совершенствования технологии ПДУ, обеспечивающие требуемые характеристики качества поверхностного слоя;

раскрыты закономерности формирования напряженно-деформированного состояния поверхностей деталей из титановых сплавов в зависимости от режимов и условий ПДУ;

изучены факторы, оказывающие доминирующее влияние на напряженно-деформированное состояние поверхности при ПДУ и определена их значимость;

проведена модернизация известных зависимостей по определению площади контакта потока дроби с поверхностью заготовки через нахождение динамических параметров потока струи и площади застойной зоны.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены научно-обоснованные рекомендации по модернизации технологии ПДУ деталей из титановых сплавов, которые подтверждены опытно-промышленной проверкой в условиях предприятия ОАО «Авиаагрегат» (г. Самара), а также в учебном процессе при подготовке магистров по направлению «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» в ФГБОУ ВО СамГТУ;

определены перспективы использования разработанных имитационных моделей для определения рациональных режимов ПДУ других заготовок из титановых сплавов различных конструкций;

представлены технологические решения по повышению производительности ПДУ;

разработаны рекомендации для определения рациональных условий и режимов упрочнения поверхностного слоя деталей при ПДУ, обеспечивающих требуемые параметры качества поверхностей деталей.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ использованы современные измерительные сертифицированные средства, показана достаточная статистическая воспроизводимость результатов исследований, выполненных по разработанным соискателем методикам;

теория подтверждается согласованностью теоретических выводов и данных численного моделирования с результатами экспериментальной проверки, обоснованностью принятых допущений и ограничений, использованием известных методов расчёта, адекватностью полученных зависимостей, а также согласованностью с данными других исследователей;

идея диссертационного исследования базируется на учете влияния режимов и условий ПДУ на формирование напряженно-деформированного состояния поверхностного слоя и качество поверхности;

использовано сравнение результатов, полученных соискателем, с экспериментальными данными натуральных экспериментов и других ученых по тематике диссертационной работы.

установлено качественное и количественное соответствие авторских результатов исследования с результатами, представленными в научной литературе по данной тематике;

использованы современные информационные базы и научно-техническая литература по проектированию технологии ПДУ крупногабаритных деталей из титановых сплавов.

Личный вклад соискателя состоит в:

непосредственном участии на всех этапах написания диссертации, определении цели и задач исследований, непосредственном участии в выполнении научных исследований, как теоретического, так и экспериментального характера, необходимых для решения поставленных задач и достижения цели диссертационной работы:

разработке имитационных моделей процесса ПДУ; **разработке** регрессионной модели влияния режимов упрочнения на параметры напряженно-деформированного состояния поверхностного слоя заготовки; **разработке плана экспериментальных работ** по оценке влияния режимов и условий ПДУ на качество поверхности заготовок из титановых сплавов; **разработке** инженерной методики исследования шероховатости поверхностей крупногабаритных деталей сложных пространственных форм с помощью оптико-электронного комплекса на рабочем месте; интерпретации и обобщении полученных данных, апробации и внедрении результатов исследования; **подготовке** основных публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации соискателем Люшней Дмитрием Андреевичем даны аргументированные ответы на заданные ему в ходе заседания вопросы. Вопросы и ответы на них приведены в стенограмме заседания диссертационного совета.

Результаты исследований рекомендуется использовать:

на предприятиях машиностроительной отрасли, занимающихся изготовлением крупногабаритных деталей из титановых сплавов, на предприятиях авиационной промышленности;

в проектно-конструкторских и научно-исследовательских институтах, занимающихся разработкой новых технологий упрочнения деталей из титановых сплавов;

в высших учебных заведениях при подготовке специалистов, бакалавров и магистров направления «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием плана исследований и основной идейной линии, взаимосвязью поставленных задач и полученных результатов, содержит новые научные результаты, свидетельствующие о личном вкладе автора диссертации в науку.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены научные результаты.

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая содержит решение актуальной задачи повышения эффективности пневмодробеструйного упрочнения деталей из титановых сплавов за счет применения рациональных условий и режимов обработки, имеющей существенное значение для развития технологии машиностроения.

Диссертационная работа Люшни Д.А. соответствует критериям, установленным в разделе II, п.п. 9 – 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. за № 842 с изменениями в редакции от 25.01.2024 г.

На заседании 25 декабря 2024 г. диссертационный совет принял решение присудить Люшни Дмитрию Андреевичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.5.6 – Технология машиностроения (технические науки).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 11 человек, из них 6 докторов наук по специальности 2.5.6 – Техноло-

гия машиностроения (технические науки), участвующих в заседании, из 14 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовал: за присуждение ученой степени – 11 человек, против – нет, недействительных – нет.

Председатель диссертационного совета
д.т.н., профессор

Ученый секретарь диссертационного совета
д.т.н., доцент



Табиков В.П.

Унянин А.Н.

Дата оформления заключения

26 декабря 2024 г.