

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.092.01 НА БАЗЕ
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Комсомольский-на-Амуре
государственный университет»

ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело №

решение диссертационного совета от 31 января 2019 г. № 4

О присуждении **Стельмакову Вадиму Александровичу**, гражданину
РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение эффективности чистовой обработки
отверстий концевыми фрезами на обрабатывающих центрах с ЧПУ в условиях
многономенклатурного производства» по специальности 05.02.07 –
«Технология и оборудование механической и физико-технической обработки»
принята к защите 8 ноября 2018 г., протокол № 9 диссертационным советом Д
212.092.01 на базе Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-
Амуре государственный университет» (Россия, 681013, Хабаровский край, г.
Комсомольск-на-Амуре, проспект Ленина, 27, приказ о создании
диссертационного совета №714/нк от «2» ноября 2012 г., приказ №350/нк от
«29» июля 2013 г., приказ №419/нк от «15» июля 2014 г., приказ №633/нк от
«12» ноября 2014 г., приказ №423/нк от «28» апреля 2015 г., приказ №512/нк
от «28» апреля 2016 г.), приказ №641/нк от 15 июня 2018 г.

Соискатель Стельмаков Вадим Александрович, 1992 года рождения.

В 2014 году соискатель окончил ФГБОУ ВО «Тихоокеанский
государственный университет», г. Хабаровск по специальности «Технология
машиностроения».

В 2014 году соискатель поступил в очную аспирантуру Федерального
государственного бюджетного образовательного учреждения высшего
образования «Тихоокеанский государственный университет» по
специальности 1 5.06.01 – «Машиностроение». Дата окончания обучения в
аспирантуре 30.08.2018 г.

Диссертация выполнена на кафедре «Технологической информатики и
информационных систем» ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный
университет».

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор
Давыдов Владимир Михайлович, завкафедрой «Технологическая
информатика и информационные системы» – Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тихоокеанский государственный университет».

Официальные оппоненты:

Сабиров Фан Сагирович, доктор технических наук, профессор кафедры
«Станки», Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования МГТУ «СТАНКИН», г. Москва.

Щелкунов Евгений Борисович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения», Комсомольский-на-Амуре государственный университет, г. Комсомольск-на-Амуре.

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет» («ДВФУ», г. Владивосток) в своем положительном заключении, подписанном Змеу Константином Витальевичем, кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Технологии промышленного производства» и утвержденное проректором по научной работе ДВФУ д.б.н., профессором Голохваст К.С. указала, что диссертационная работа соответствует квалификационным требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 (с изменениями на 1 октября 2018 г., утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации № 1168), а ее автор Стельмаков Вадим Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механическое и физико-технической обработки.

Соискатель имеет 18 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 18 работ, 3 работы опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ, 1 работа в издании, входящем в международную базу SCOPUS. Вклад соискателя Стельмакова Вадима Александровича в работы, опубликованные в соавторстве, не вызывает сомнения и состоит в непосредственном участии при постановке задач исследований, проведении экспериментальных исследований, а также выполнении теоретической части работы, интерпретации экспериментальных данных научных экспериментов. Наиболее значимые работы соискателя:

Наиболее значимые работы соискателя:

1. Стельмаков, В. А. Метод оценки точности гладких цилиндрических отверстий по диаметральному размеру и относительному положению их осей / В. А. Стельмаков, М. Р. Гимадеев, А. В. Никитенко, В. М. Давыдов // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. – 2016. – № I-1 (25). – С. 73–81.

2. Стельмаков, В. А. Исследование факторов, влияющих на точность формы отверстий, полученных при чистовой фрезерной обработке / В. А. Стельмаков, В. М. Давыдов, В. И. Шпорт // Сборка в машиностроении, приборостроении : ежемесячный научно-технический и производственный журнал. – 2018. – Т. 19, № 6 (215). – С. 256–260.

3. Гимадеев, М. Р. Получение заданных параметров шероховатости при сверлении и фрезеровании цилиндрических отверстий / В. А. Стельмаков, М. Р. Гимадеев, А. В. Никитенко, В. М. Давыдов // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. – 2016. – № I-1 (25). – С. 66–72.

На диссертацию и автореферат поступило 10 отзывов (все отзывы положительные, указываются основные отражения замечаний).

Отзывы на диссертацию:

1. Ведущая организация: ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет» («ДВФУ», г. Владивосток). Замечания: 1) В автореферате (стр. 8), а также в тексте диссертации (п. 2.7) автор утверждает, что существующие стандарты по поверке технических характеристик не учитывают специфики станков с ЧПУ, в особенности схем приводов, специфики программирования и т.д. Однако нигде далее не поясняется какие особенности приводов не учитывают соответствующие ГОСТы и, что еще добавляет неясности, как специфика программирования может повлиять на схемы и способы измерения геометрических параметров; 2) В пояснениях об особенностях погрешности геометрической формы отверстия (диссертация стр. 93; автореферат, стр. 14) утверждается, что влияние оказывает зазор с ШВП. Применительно к современным станкам с ЧПУ с этим трудно согласиться, т.к. в исправном состоянии ШВП зазоры исключаются за счет специальных конструктивных решений. Пиковые значения погрешности при изменении направления движения оси вероятнее всего связаны с гистерезисом упругих деформаций в узле ШВП; 3) В ряде мест диссертации и автореферата в постановочной части логических построений уделено чрезмерное влияние тривиальным на наш взгляд утверждениям: упругие отжатия существенно влияют на отклонения от круглости, радиус врезания определяет плавность процесса врезания и т.п.

2. Официальный оппонент: Сабиров Фан Сагирович, доктор технических наук, профессор кафедры «Станки», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования МГТУ «СТАНКИН», г. Москва. Замечания: 1) В работе нет четкого обоснования выбора для исследования стратегий фрезерования с круговой и винтовой интерполяцией; 2) Каким образом производился контроль режущего инструмента по его параметрам и как осуществлялась его коррекция в управляющей программе? 3) Почему в качестве материалов для исследования были выбраны алюминиевый сплав АМгб и сталь с содержанием углерода $C=0,25-0,35\%$; 4) Не совсем ясно насколько применима методика оценки параметра отклонения от плоскостности стола обрабатываемого центра к другому виду оборудования? 5) Не понятно, какую смысловую нагрузку несут фотографии, представленные в гл.4 на рис. 3.30-3.31.

3. Официальный оппонент: Щелкунов Евгений Борисович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения», Комсомольский-на-Амуре государственный университет, г. Комсомольск-на-Амуре. Замечания: 1) Из текста диссертации не совсем ясно, каким образом учитывались такие параметры инструмента как передний и задний углы в расчете упругих отжатий? 2) Исследовались ли упругие отжатия, возникающие в процессе обработки отверстий при стратегии с винтовой интерполяцией? Если да, почему результаты не были отражены в тексте работы? 3) Из анализа текста диссертационной работы не понятно, каким образом учитывался

профиль инструмента, при измерении такого показателя как отклонение от цилиндричности; 4) Исходя из каких соображений для метода развертывания при проведении экспериментальных исследований в гл. 4 были выбраны режимы: $F_u = 0,2$ мм/об, скорость резания $V_c = 40$ м/мин?; 5) В тексте диссертации не указывается почему для обучения нейронной сети был выбран метод обратного распространения ошибки? 6) На рис. 3.26 представлена зависимость осевого момента инерции режущей части от диаметра инструмента. Не понятно, как он определялся и почему этот параметр зависит от обрабатываемого материала? 7) На рис. 4.20. и 4.21 представлены экспериментальные зависимости величины параметров R_a и R_{max} от шага спирали при чистовой фрезерной обработке стратегией с винтовой интерполяцией, построенная путем соединения экспериментальных точек методом сплайна. Для построения экспериментальных зависимостей необходимо применять алгоритмы сглаживания функции.

Отзывы на автореферат:

1. Рахимьянов Харис Магсуманович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология машиностроения», **Рахимьянов Константин Харисович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения», ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет». Замечания: Автор неоднократно (в разделе научной новизны и в заключении) заявляет о максимальной эффективности обработки при шаге спирали $a_p = 0,3-0,7$ мм при фрезеровании со стратегией с винтовой интерполяцией. Однако из текста автореферата не удалось найти подтверждения данному факту. Кроме того переполненность данными и масштаб изображения на рисунке 14 автореферата затрудняет анализ представленных зависимостей.

2. Ивахненко Александр Геннадьевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Стандартизации, метрологии, управления качеством, технологии и дизайна», ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет». Замечания: Не отражена степень оригинальности предложенного метода оценки параметра отклонения от плоскостности стола обрабатывающего центра.

3. Кудояров Ринат Габдулхакович, доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматизация технологических процессов», **Башаров Рашид Рамилович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизация технологических процессов», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет». Замечания: 1) В автореферате не показано, как учитываются параметры фрезы (количество и шаг зубьев, радиус при вершине), а также вид инструментальной оснастки (зажим цанговый, гидравлический или термозажим); 2) Рекомендации по назначению рациональных параметров обработки точных отверстий не сопровождаются указанием диапазонов длин и диаметров концевых фрез.

4. Попов Андрей Юрьевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты», ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет». Замечания:

В автореферате недостаточно полно раскрыт вопрос, связанный с созданием и применением мультиагентных систем.

5. Лобанов Дмитрий Владимирович, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Технология машиностроения», ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова». Замечания: 1) В автореферате не ясно какими марками инструментального материала и геометрией инструмента проводились исследования; 2) В общих выводах по научно-квалификационной работе, мало внимания уделено конкретным практическим рекомендациям, направленным на решение задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний и имеющим существенное значение для развития страны.

6. Киричек Андрей Викторович, доктор технических наук, профессор кафедры «Металлорежущие станки и инструменты», **Хандожко Александр Владимирович**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Металлорежущие станки и инструменты», ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет». Замечания: 1) В работе рассмотрены два источника возможных отклонений от круглости и цилиндричности: погрешности интерполяции и отгибание фрезы. Автор не ввел в расчетную схему конструктивные погрешности фрезы и их износ. А эти погрешности сопоставимы и даже превышают учтенные компоненты. В частности, «Разность диаметров (конусность) на длине рабочей части фрез не должна быть более 0,02 мм. Конусность фрез, заточенных наостро, не должна быть более 0,05 мм» (ГОСТ 17024-82 (СТ СЭВ 4632-84) Фрезы концевые. Технические условия, п.1.16); 2) Вызывает сомнение возможность надежного получения отверстий с точностью H7 методом фрезерования в широком диапазоне размеров, декларируемая автором. Для этого качества допуск составляет, например, 21 мкм (диаметр 20 мм), 30 мкм (60 мм). Эти величины сопоставимы с величинами и неучтенных погрешностей.

7. Савилов Андрей Владиславович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология и оборудования машиностроительных производств», ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет». Замечания: 1) Из автореферата не ясно, в чем преимущество разработанной методики контроля параметра отклонения от плоскостности стола фрезерного обрабатывающего центра с ЧПУ по сравнению с существующими и широко применяемыми на практике методами оценки точности на базе таких систем как BallBar Renishaw или 3d quickset, тем более, что последняя является опцией фрезерных обрабатывающих центров с ЧПУ; 2) При анализе факторов, влияющих на точность и качество поверхности отверстий, не дана оценка влияния на эти характеристики типа зажимного патрона; 3) В автореферате отсутствует информация о воспроизводимости рабочей подачи фрезерными обрабатывающими центрами, на которых проводились эксперименты. В частности при расфрезеровывании отверстий небольшого диаметра в образцах из алюминия, обработка станками заданной подачи вызывает сомнение ввиду ограниченного ускорения приводов подач.

8. Дворник Максим Иванович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник ИМ ХНЦ ДВО РАН. Замечания: 1) В пятой главе автор не привел сравнение эффективности разработанной методики проектирования техпроцесса с существующими методиками и не приведены примеры её применения; 2) Автор не объяснил наличие минимумов и максимумов на зависимостях отклонений круглости, цилиндричности и шероховатости $R_{\max}$ от шага спирали.

9. Огнев Юрий Федорович, доктор технических наук, профессор кафедры «Самолето- и вертолетостроения», **Марков Николай Александрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Самолето- и вертолетостроения», филиала ФГБАУ ВО «Дальневосточный федеральный университет» в г. Арсеньеве. Замечания: 1) Тема пятой главы была раскрыта не в полной мере; 2) В второй главе стоит более подробно описать план проведения исследований и экспериментов.

10. Радкевич Михаил Михайлович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология конструкционных материалов и материаловедение», **Барон Юрий Михайлович**, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология конструкционных материалов и материаловедение», ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого». Замечания: 1) Сравнение результатов моделирования с экспериментальными данными в автореферате отражено недостаточно. Что, на наш взгляд, не позволяет в полной мере оценить применимость модели процесса упругой деформации концевой фрезерного инструмента при фрезерной обработке со стратегией круговой интерпретации; 2) Уместно было бы более существенно отразить зависимости установленных взаимосвязей исследуемых показателей точности диаметрального размера и подачи.

В отзывах отмечены актуальность выбранной темы исследования, научная новизна работы, а также практическая значимость полученных результатов исследования для технического прогресса машиностроения.

Выбор официальных оппонентов обосновывается высокой квалификацией специалистов, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации; выбор ведущей организации обусловлен широкой известностью ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет» («ДВФУ», г. Владивосток), достижениями в различных отраслях науки, в том числе в области технологии и оборудования механической и физико-технической обработки.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана методика по расчету технологических и геометрических параметров концевых фрез, используемых для чистовой обработки отверстий, с возможностью коррекции управляющей программы, обеспечивающую эффективность процесса механообработки;

предложена гипотеза о том, что при рационально выбранных режимах резания и использовании методов моделирования процессов формообразования достигается наилучшая эффективность чистовой обработки отверстий концевыми фрезами в условиях многономенклатурного производства;

доказано, что математическая модель процесса поведения режущего инструмента при чистовой фрезерной обработке стратегией с круговой интерполяцией применима при расчете величины отклонения формы обработанных отверстий, с возможностью коррекции управляющей программы.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано повышение эффективности процесса чистовой обработки отверстий методом фрезерования концевыми фрезами путем повышения производительности и точности при условии выбора рациональных режимов резания и использовании методов моделирования процесса формообразования в условиях многономенклатурного производства;

Применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован комплекс известных методов исследования, в т.ч. численных методов и экспериментальных методик, реализованных с помощью современного исследовательского и аналитического оборудования;

изложено обоснование выбора рациональных параметров чистовой фрезерной обработки отверстий при стратегии с винтовой интерполяцией, обеспечивающее требуемые показатели производительности и качества поверхности отверстий;

изучены взаимосвязи между технологическими и геометрическими параметрами концевых фрез и значениями погрешностей формы отверстий при использовании стратегий фрезерования с круговой и винтовой интерполяцией, которые подтверждены построенными математической и регрессионной моделями, исследованиями шероховатости обработанной поверхности и производительности обработки;

проведена модернизация существующих моделей и алгоритмов, позволяющая учесть режимы обработки и геометрические параметры концевых фрез, экспериментальные зависимости величины погрешности формы от параметров концевых фрез с целью обеспечения выполнения заданных технологических операций и получения новых результатов;

раскрыты особенности формирования величины погрешности формы при чистовой обработке отверстий с учетом влияния геометрических и технологических параметров концевых фрез, типа используемого оборудования, режимов обработки, в зависимости от используемой стратегии фрезерования.

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

разработаны и внедрены в производство рекомендации по выбору режимов обработки и геометрических параметров концевых фрез для

чистового фрезерования отверстий позволяющие назначить рациональные режимы резания. Отдельные научные результаты используются в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров (подтверждено актами о внедрении результатов исследований на предприятии и в учебный процесс);

определены перспективы и возможности практического использования результатов работы в виде программных продуктов для обработки корпусных деталей в условиях многономенклатурного производства;

создана система практических рекомендаций чистового фрезерования отверстий с использованием методов нейросетевого моделирования, позволяющая повысить производительность и точность фрезерной обработки;

представлены программные продукты и методика контроля параметра отклонения от плоскостности стола фрезерного обрабатывающего центра с ЧПУ, на основе анализа точностных параметров обрабатывающего центра с ЧПУ, позволяющая производить технологический аудит в автоматическом режиме.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ - результаты получены с применением современного оборудования и измерительных приборов; аналитические исследования выполнены с использованием современных методов исследования; воспроизводимость результатов исследования показана в различных условиях;

теория построена на известных, проверяемых данных, фактах, результаты согласуются с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея базируется на анализе практики, обобщении мирового опыта в области механообработки резанием корпусных деталей концевыми фрезами в различных отраслях промышленности на базе многономенклатурного производства;

установлено качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по тематике работ, связанных с фрезерной обработкой отверстий стратегиями обработки с круговой и винтовой интерполяцией;

использованы современные методики сбора и обработки информации, в том числе статистической, обеспечивающие воспроизводимость и достоверность результатов исследований и обработки исходной информации с применением сертифицированных программных продуктов, расчетов с использованием математического аппарата аналитической геометрии и интегрального исчисления.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в постановке целей и задач исследования, в получении экспериментальных данных и их интерпретации, в обобщении полученных результатов, формулировании научных положений и выводов, которые выносятся на защиту. Автором самостоятельно проведен аналитический обзор отечественной и зарубежной литературы по изучаемой проблеме, составлена программа исследования, разработаны протоколы исследования. Анализ и

обобщение полученного материала, статистическая обработка, формирование баз данных первичного материала и интерпретация данных, формулирование выводов и практических рекомендаций выполнены лично автором. Соискатель лично участвовал в апробации результатов исследования и подготовке основных публикаций по выполненной работе, что подтверждается участием в международных и российских конференциях.

Диссертация Стельмакова Вадима Александровича охватывает основные вопросы сформулированной цели исследования и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается логичной структурой разделов диссертации, непротиворечивостью используемых методик и процедур, взаимосвязью полученных результатов и выводов.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация Стельмакова Вадима Александровича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится научно обоснованные технические решения и разработки, заключающиеся в решении задачи повышения точности и производительности изготовления отверстий методом фрезерования с различными стратегиями обработки в условиях многономенклатурного производства. Решение задачи имеет существенное значение в области машиностроения.

На заседании 31 января 2019 г. диссертационный совет Д 212.092.01 принял решение присудить **Стельмакову Вадиму Александровичу** ученую степень кандидата технических наук за разработку и научное обоснование рекомендаций по повышению производительности и качества чистовой обработки отверстий концевыми фрезами на обрабатывающих центрах с ЧПУ в условиях многономенклатурного производства.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **17** человек, из них **7** докторов наук по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки, участвовавших в заседании, из **21** человека, входящих в состав совета, проголосовали: за **17**, против «**нет**», недействительных бюллетеней «**нет**».

Председатель диссертационного
совета, д.т.н., профессор

О.Ю. Еренков

Ученый секретарь диссертационного
совета, к.т.н.
31 января 2019 г.

А.Е. Проценко

