

Ульяновский государственный технический университет

Стенографический отчет

ЗАСЕДАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 999.003.02

Повестка дня

**ЗАЩИТА ДИССЕРТАЦИИ Рубцовым Михаилом Анатольевичем
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ
НАУК**

**«ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ КООРДИНАТНО-
РАСТОЧНЫХ СТАНКОВ ПУТЁМ КОМПЕНСАЦИИ УГЛОВЫХ
ПЕРЕМЕЩЕНИЙ СТОЙКИ ПРИ ДЕФОРМАЦИИ СТАНИНЫ»**

Специальность:

**05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-
технической обработки**

Официальные оппоненты:

Базров Борис Мухтарбекович – доктор технических наук, профессор, ФГБУН «Институт машиноведения имени А.А. Благонравова РАН», заведующий лабораторией «Теории модульной технологии»;

Казакова Ольга Юрьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизированные станочные и инструментальные системы» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет».

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.».

Ульяновск - 2016

ЗАСЕДАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 999.003.02

от 27 декабря 2016 года

на заседании присутствовали члены Совета:

1.	Табачков В.П., (председатель совета)	д.т.н., профессор	05.02.07 – технические науки
2.	Веткасов Н.И., (ученый секретарь совета)	д.т.н., доцент	05.02.07 – технические науки
3.	Булыжев Е.М.	д.т.н., доцент	05.02.08 – технические науки
4.	Горшков Б.М.	д.т.н., профессор	05.02.07 – технические науки
5.	Денисенко А.Ф.	д.т.н., профессор	05.02.07 – технические науки
6.	Дьяконов А.А.	д.т.н., доцент	05.02.08 – технические науки
7.	Захаров О.В.	д.т.н., доцент	05.02.07 – технические науки
8.	Кирилия Ю.В.	д.т.н., доцент	05.02.07 – технические науки
9.	Киселев Е.С.	д.т.н., профессор	05.02.08 – технические науки
10.	Клячкин В.Н.	д.т.н., профессор	05.02.07 – технические науки
11.	Ковальногов В.Н.	д.т.н.	05.02.07 – технические науки
12.	Носов Н.В.	д.т.н., профессор	05.02.08 – технические науки
13.	Полянсков Ю. В.	д.т.н., профессор	05.02.08 – технические науки
14.	Салов П.М.	д.т.н., профессор	05.02.08 – технические науки
15.	Унянин А.Н.	д.т.н., доцент	05.02.07 – технические науки
16.	Худобин Л.В.	д.т.н., профессор	05.02.08 – технические науки

Председатель Совета,
д.т.н., профессор

В.П. Табаков

Ученый секретарь Совета
д.т.н., доцент

Н.И. Веткасов



Председатель заседания, д.т.н., профессор Табаков В.П.

На повестке дня у нас защита диссертации Рубцова Михаила Анатольевича на соискание ученой степени кандидата технических наук «Повышение точности горизонтальных координатно-расточных станков путём компенсации угловых перемещений стойки при деформации станины». Специальность 05.02.07 "Технология и оборудование механической и физико-технической обработки".

Официальные оппоненты: Базров Борис Мухтарбекович – доктор технических наук, профессор, «Институт машиноведения имени А.А. Благодного РАН», заведующий лабораторией «Теории модульной технологии», Казакова Ольга Юрьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизированные станочные и инструментальные системы» Самарского государственного технического университета.

Ведущая организация – Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

Нет вопросов? (нет). Напоминаю Вам, что у нас ведётся видеосъёмка, поэтому все выходы из аудитории недопустимы.

На заседании диссертационного совета из 20 членов совета присутствуют 16. Необходимый кворум у нас имеется. Повестка заседания доведена до Вашего сведения. Есть у кого замечания? (нет). Утверждаем.

По специальности защищаемой диссертации 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки на заседании присутствует 9 докторов наук. Заседание правомочно.

Объявляется защита диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук Рубцова Михаила Анатольевича по теме «Повышение точности горизонтальных координатно-расточных станков путём компенсации угловых перемещений стойки при деформации станины».

Работа выполнена в Поволжском государственном университете сервиса.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Горшков Борис Михайлович.

Официальные оппоненты

Базров Борис Мухтарбекович – доктор технических наук, профессор, «Институт машиноведения имени А.А. Благодного РАН», заведующий лабораторией «Теории модульной технологии». Он у нас здесь присутствует. Казакова Ольга Юрьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизированные станочные и инструментальные системы» Самарского государственного технического университета, тоже здесь присутствует.

Письменные согласия на оппонирование данной работы от них были своевременно получены.

Ведущая организация Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.

Слово предоставляется **ученому секретарю совета Николаю Ивановичу Веткасову** для оглашения документов из личного дела соискателя.

Ученый секретарь, д.т.н., доцент Веткасов Н.И.

Уважаемые коллеги в деле соискателя имеются следующие документы, представленные к защите: личный листок по учету кадров, из которого следует, что Рубцов Михаил Анатольевич 1990 года рождения, закончил «Тольяттинский государственный университет» по специальности «Автоматизация технологических процессов и производств (в машиностроении)» в 2012 году, а в 2016 году окончил аспирантуру по специальности «Электромеханика и электрические аппараты» при Поволжском государственном университете сервиса. В настоящее время работает ведущим инженером АСУТП ООО «Потенциал Строй». Имеется выписка из заседания кафедры «Сервис технических и технологических систем». На этом заседании было принято заключение, в котором отмечается личное участие автора, степень обоснованности научных положений, степень научных ценностей и новизны, и как итог дается рекомендация о том, чтобы данная работа была представлена к защите по специальности 05.02.07. Имеется нотариально заверенные копии диплома об окончании Тольяттинского государственного университета и удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов со следующими оценками: английский язык – отлично, история и философия науки – отлично и специальная дисциплина «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» – удовлетворительно. Имеется список научных публикаций Рубцова Михаила Анатольевича, который включает в себя 15 наименований, из них 3 публикации из перечня ВАК, 3 патента на полезную модель, 1 патент на изобретение. Имеется заявление, которое было представлено при подаче документов в диссертационный совет с визой председателя совета, протокол заседания о приеме диссертации к предварительному рассмотрению, заключение экспертной комиссии в составе докторов технических наук Кирилина Ю.В., Ковальногова В.Н. и Булыжева Е.М. о возможности защиты диссертации в нашем диссертационном совете и соответствии требованиям ВАК изложенных материалов в диссертации, автореферате и соответствии данной специальности. Имеется отзыв научного руководителя и протокол заседания диссертационного совета о приеме диссертации к защите. Имеется список рассылки авторефератов, включающий 61 позицию и 61 адрес, в которые был направлен документ. Сведения о ведущей организации и официальных оппонентах, отзывы ведущей организации и официальных оппонентов. Кроме того представлены 12 отзывов, пришедшие на автореферат. Все необходимые документы были вовремя опубликованы на сайте университета и в Интернете и соответствуют требованиям процедуры рассмотрения диссертаций.

Председатель

Так, имеются ли вопросы по личному делу к ученому секретарю? (нет). К соискателю? (нет). Спасибо. Михаил Анатольевич, Вам предоставляется слово для доклада.

Соискатель

При проектировании и эксплуатации металлорежущего оборудования возникает необходимость повышения и поддержания его точностных характеристик. Это особенно важно применительно к горизонтальным координатно-расточным станкам (ГКРС).

ГКРС широко используются в автомобильной, железнодорожной и оборонной промышленности. Однако силовые деформации станины, вызванные весом подвижных узлов, снижают их геометрическую точность. Поэтому модернизация, направленная на повышение их точности является актуальной научно-технической задачей (*1-ый слайд*).

Рассмотрим работу прецизионного ГКРС модели 2А459АМФ4, установленного на три опорные точки относительно фундамента. Станина станка в плане выглядит как Т-образная конструкция. На одной части станины устанавливается заготовка, вес которой может достигать 8000Н, а по другой части станины передвигаются салазки со стойкой и шпиндельной бабкой в сборе, вес которых составляет 42500 Н. Так как расстояние между передними двумя опорами и задней составляет более 2 м, происходит взаимный наклон заготовки и стойки друг к другу. На втором слайде угловые перемещения обозначены как угол альфа 1 и альфа 2. При этом теряется геометрическая точность станка и нарушается перпендикулярность оси инструмента по отношению к обрабатываемой поверхности (*2-ой слайд*).

Целью настоящей работы является повышение геометрической точности горизонтальных координатно-расточных станков путем компенсации угловых перемещений стойки при деформации станины.

Для достижения данной цели потребовалось решить следующие задачи:

1. Провести экспериментальные исследования упругой системы прецизионного ГКРС, с составлением укрупнённого баланса его точности и выявления элементов упругой системы оказывающие наибольшее влияние на снижение его точности.

2. Разработать математическую модель контактных взаимодействий подсистемы «салазки – стойка станка», описывающую влияние контактирующих поверхностей.

3. Разработать математическую модель изгибных деформаций станины и контактных взаимодействий в стыках подсистем «салазки - стойка станка» и «салазки - роликовые направляющие станины» на геометрическую точность станка.

4. Осуществить разработку динамической модели стойки с комплексом гидродомкратов прецизионного ГКРС как объект управления.

5. Разработать измерительную базу, для контроля силовых деформаций станин, на основе гироскопического эффекта.

6. Разработать, изготовить и отладить экспериментальную опытно-промышленную установку компенсации угловых перемещений стойки при деформации станины прецизионного ГКРС.

7. Провести оценку эффективности повышения точности прецизионного ГКРС путем компенсации угловых перемещений стойки при деформации станины (*3-ий слайд*).

Научной новизной в данной диссертационной работе является:

– математическая модель контактных взаимодействий подсистемы «салазки – стойка станка», описывающая сближение контактирующих поверхностей, влияющих на угловые перемещения стойки;

– математическая модель, описывающая влияние изгибных деформаций станины и контактных взаимодействий стойки, салазок, роликовых направляющих станины;

– динамическая модель, описывающая поведение стойки прецизионного ГКРС с комплексом гидродомкратов как объект управления (*4-ый слайд*).

К настоящему времени вопросом повышения точности занимались отечественные научные школы, возглавляемые Балакшиным Б.С., Базровым Б.М., Бржозовским Б.М., Сусловым А.Г., Худобиным Л.В. и др., а так же этим вопросом занимались зарубежные ученые, такие как H.Blok, F.P. Bowden, D. Tabor и др.

Одним из перспективных направлений повышения точности является оснащение станков адаптивными системами управления при обработке.

Впервые процесс адаптивного управления обработкой на станках был рассмотрен как решение двух задач: своевременного получения информации с заданной точностью об изменяемых параметрах, оказывающих влияние на ход технологического процесса, и внесения поправок в величины, функционально связанные с управляемой величиной (*5-ый слайд*).

Так же известно устройство, способное управлять положением станины (стойки) с заготовкой в пространстве, запатентованное в США. Однако это устройство не позволяет учитывать поведение инструмента, так как рассматривается только часть технологической системы (*6-ой слайд*).

В работах моего научного руководителя было предложено устройство, позволившее компенсировать силовые деформации станины путем установки гидродомкратов под станину. Оно использовалось в выпускаемой гамме ГКРС. Однако это устройство имеет ряд недостатков, связанных с нестабильной работой гидравлической системы.

Известно так же следующее устройство, которое позволило компенсировать угловые перемещения, возникающие вследствие силовых деформаций станины путем автоматического управления положением корпусной заготовки относительно зеркала стола с помощью гидродомкратов устанавливаемых под неё. Данные работы были выполнены Самохиной Н.С. под руководством профессора Денисенко А.Ф. и Ремневой О.Ю. под руководством моего научного руководителя. Однако используемые в установках электронные уровни осложняли работу системы управления (*7-ой слайд*).

Известно так же устройство автоматического управления положением корпуса шпиндельной бабки на вертикальных направляющих стойки станка модели 24К40СФ4. Оно хорошо зарекомендовало себя, позволив снизить погрешность при обработке в три раза. Этой задачей занимался Токарев Д.Г.

под руководством моего научного руководителя. Однако вопрос надежной измерительной базы до сих пор не был решён (**8-ой слайд**).

Нами была разработана установка, позволившая составить баланс точности прецизионного ГКРС модели 2А459АМФ4. Было выявлено, что силовые деформации станины составляют в общем балансе упругих перемещений 55%, что около 19...20 мкм.

Было предложено в карманы между салазками и стойкой станка над направляющими станины установить два гидродомкрата, предварительно ослабив затянутый стык (**9-ый слайд**).

Поэтому нами была разработана математическая модель контактных взаимодействий подсистемы «салазки – стойка станка», которая имеет следующие допущения:

- контактные перемещения подчиняются закону Гука;
- внешнее силовое воздействие, воспринимаемое сечением стыка, определяется затяжкой болтов, опрокидывающим моментом от сил резания и силой веса стойки в сборе.

Данная математическая модель позволила описать сближение поверхностей, образующих стык и угол его раскрываемости.

При сравнении результатов расчета и экспериментальных данных было выявлено максимальное расхождение в 12% (**10-ый слайд**).

Следующий слайд, пожалуйста.

Далее нами была разработана математическая модель, которая позволила учесть при перемещении инструмента в зоне резания собственные деформации станины и контактные взаимодействия подсистем «салазки – стойка станка» и «салазки – роликовые направляющие станины».

При сравнении результатов расчета и экспериментальных данных максимальное расхождение составило 15% (**11-ый слайд**).

Была разработана динамическая модель стойки с комплексом гидродомкратов, которая позволила найти передаточные функции по управляющим и возмущающим воздействиям. На данном слайде представлена только функция по управляющим воздействиям – остальное приведено в диссертационной работе. Найдены динамические структуры, позволяющие синтезировать регулятор системы управления (**12-ый слайд**).

Была разработана установка, имеющая в своём составе двухкоординатные электронные уровни, сигналы с которых поступают в систему ЧПУ и по разности показаний которых выдается команда коррекции, что позволяет изменять давление масла в гидродомкратах, что соответственно позволяет компенсировать угловые перемещения стойки. Но была выявлена низкая помехозащищенность системы компенсации, что позволило, использовать ее только в лабораторных целях. Зарегистрирован патент на полезную модель (**13-ый слайд**).

Был разработан ряд измерительных баз по которым получены 2 патента на полезную модель и 1 патент на изобретение. Однако перспективной измерительной базой, которая может быть рекомендована для использования в промышленности, является измерительная база, в которой использован гидро-

скопический эффект. Стальная балка не меняет своего положения относительно станины за счет стабилизации гироскопом, уравнивающим грузом и гасящим колебания гидравлическим демпфирующим элементом, что позволяет лазерным датчикам измерять расстояния до внутренних стенок станины при изгибе и кручении для оценки силовых деформаций станины. Данная измерительная база использовалась в экспериментальной опытно-промышленной установке (*14-ый слайд*).

Рассмотрим работу опытно-промышленной установки, оснащенной устройством компенсации угловых перемещений стойки при деформации станины, которая работает следующим образом.

На салазках под некоторым углом закреплена рейка-шаблон, взаимодействующая с клапаном гидравлического давления. Клапан гидравлического давления направляет поток рабочей жидкости в гидродомкраты, что позволяет изменять положение переднего края стойки (*15-ый слайд*).

Для оценки эффективности работы устройства была осуществлена выборка из генеральной совокупности с заданной вероятностью и достоверностью числа растачиваемых отверстий. Было обработано в корпусной заготовке 64 отверстия в двух стенках с двух сторон заготовки, то есть с использованием устройства компенсации и без устройства компенсации угловых перемещений стойки относительно салазок станка. Растачиваемые отверстия были диаметром 20 мм. На рисунке 21 показаны исследуемые сечения каждого отверстия в двух стенках (*16-ый слайд*).

С помощью контрольной измерительной машины (КИМ) были получены круглограммы расточенных отверстий на станке, оснащенном устройством компенсации и на базовом станке, то есть без использования такого устройства, на которых виден увод осей отверстий (*17-ый слайд*).

По экспериментальным данным были построены графики, осью ординат которых является увод оси отверстия, осью абсцисс являются исследуемые сечения каждого отверстия.

На рисунке 26 показана гистограмма отклонений отверстий от идеального положения с использованием устройства компенсации и без использования устройства компенсации. На ней видно, что устройство позволяет снизить увод оси отверстия более чем в 2 раза.

Так же хотелось бы отметить, что получилось перевести станок из класса точности В в класс точности А (*18-ый слайд*).

На слайде 19 представлены основные выводы – позвольте их не зачитывать (*19-ый слайд*).

Спасибо за внимание, доклад окончен.

Председатель

Вопросы, пожалуйста. Вопросы к соискателю. Профессор Денисенко Александр Фёдорович.

Д.т.н., профессор Денисенко А.Ф.

Можно 10 слайд? Вот Вы предлагаете модель контактных взаимодействий, но ничего не сказали, что до сей поры, наверное, существовали какие-

то модели аналогичного вида. Что Вы здесь внесли новое и немножко поясните по составляющим, потому что даже в автореферате уравнения не все расшифрованы. Можете по подробней?

Соискатель

Было найдено уравнение сближения салазок по отношению к стойке, то есть измерялись расстояния, и основной целью было найти угол раскрываемости стыка, представленный 8-ой формулой.

Д.т.н., профессор Денисенко А.Ф.

Что значит угол раскрываемости стыка?

Соискатель

Данная математическая модель позволяет оценить контактные перемещения в зоне стыка «салазки – стойка станка». Такие модели не рассматривались ранее, поэтому мы в данном случае рассмотрели стык.

Д.т.н., профессор Денисенко А.Ф.

Вы учитывали шероховатость, волнистость, макроотклонения? У Вас размер, какой вот этого соединения?

Соискатель

Шероховатость учитывалась.

Д.т.н., профессор Денисенко А.Ф.

Размеры какие?

Соискатель

Стык был затянут порядка 6 – 8 МПа, мы его ослабили до 1,5 – 2 МПа, то есть максимальное раскрываемость стыка порядка 15 – 16 мкм.

Д.т.н., профессор Денисенко А.Ф.

Нет, а геометрическая площадь стыка?

Председатель

Фактическая площадь контакта, какая?

Д.т.н., профессор Денисенко А.Ф.

Ну хотя бы уж давайте о номинальном сначала. Хотя бы назовите номинальные размеры.

Соискатель

Порядка 900 мм.

Д.т.н., профессор Денисенко А.Ф.

В связи с эти возникает вопрос: макроотклонения как Вы учитывали? Там же есть, наверное, отклонения плоскостности. Учитывались ли они?

Соискатель

Да, геометрия, волнистость учитывалась.

Д.т.н., профессор Денисенко А.Ф.

Волнистость это не макроотклонения, то есть не плоскостность учитывалась?

Соискатель

Да.

Д.т.н., профессор Денисенко А.Ф.

А вот каким параметром здесь можете показать?

Соискатель

Здесь на слайде не представлено.

Д.т.н., профессор Денисенко А.Ф.

Ну, а в модели?

Соискатель

Тоже, это только в диссертации.

Д.т.н., профессор Денисенко А.Ф.

Спасибо. Теперь, по-моему, 12 слайд. Вот у Вас динамическая модель, Вы её привели к одномассовой, правильно?

Соискатель

Да.

Д.т.н., профессор Денисенко А.Ф.

Значит, вот какие для этого существовали основания, чтобы привести к одномассовой, и что у Вас за последовательность соединений упругих элементов?

Соискатель

Последовательность соединений – это отношение «основание салазок – основание гидродомкрата», потом резьбовое соединение «основание гидродомкрата - корпус гидродомкрата», «опорная часть гидродомкрата - прокладка гидродомкрата», «сжимаемость жидкости», далее резьбовое соединение «корпус гидродомкрата – крышка», и «жесткий центр гидродомкрата – низ стойки». То есть здесь представлены коэффициенты жёсткости.

Д.т.н., профессор Денисенко А.Ф.

Тогда вот первая часть вопроса: одномассовую систему приняли почему? У Вас вот центр тяжести, что он геометрически совпадает?

Соискатель

Стойка симметричная, т.е. мы её рассматривали как одномассовую систему.

Д.т.н., профессор Денисенко А.Ф.

Вполне возможно есть еще угловые движения?

Соискатель

Мы в данном случае рассматривали в данной работе только угловые перемещения при изгибе станины, так как симметричность конструкции станины стойки минимально позволяет возникать деформациям кручения.

Д.т.н., профессор Денисенко А.Ф.

А вот сила P_f которая приложена, это что имелось в виду? Что за сила?

Соискатель

Действующая на домкрат.

Д.т.н., профессор Денисенко А.Ф.

Вон там сверху?

Соискатель

Имелось в виду давление всей стойки на домкраты.

Д.т.н., профессор Денисенко А.Ф.

Как это давление? У вас же динамическая модель.

Соискатель

Это по управляющему и возмущающему воздействиям для составления передаточной функции. Возмущающая сила.

Председатель

Александр Фёдорович, у Вас всё, да?

Д.т.н., профессор Денисенко А.Ф.

Да.

Председатель

Так, профессор Полянсков Юрий Вячеславович, пожалуйста.

Д.т.н., профессор Полянсков Ю. В.

Скажите, пожалуйста, откуда появилась вот эта задача? Для какого-то конкретного случая, предприятия, есть такой станок класса точности В, появилась деталь с другими более высокими требованиями к точности, появилась необходимость модернизации станка? Если это так, для частных случаев, или Вы ставите задачу типичную для данных станков, чтобы переводить из класса В в класс А. Еще вопрос в связи с этим: если переводить в класс А, там домкраты и прочее, на каждый станок существует регламент, если фирма его так сказать на обслуживании – кто вообще позволил ставить там такие домкраты и так далее. Вот эти вопросы как то рассматривались или станок класса А для того, чтобы решать какие-то вот задачи. Откуда появилась такая задача?

Соискатель

Спасибо за вопрос, я поясню. Предприятие «СТАН – Самара» выпускало данные станки. В паспорте действительно у них был написан класс точности А, но при эксплуатации выяснилось, что они не обеспечивают данную точность, но эти станки уже поставлялись на предприятия и силовые деформации снижали значительно класс точности. Поэтому, понадобилась модернизация, чтобы на предприятиях, где они были уже установлены, соответственно обеспечить необходимую точность.

Д.т.н., профессор Полянсков Ю. В.

Не очень понятно, если поставили вам станки класса А, а они оказались класса В, то в это время вообще фирма должна их заменить на другие станки и всё исправить. Почему Вы взялись за эту задачу?

Соискатель

Они их получается как раз и заменяли путём модернизации оборудованием, которое разрабатывал мой научный руководитель.

Д.т.н., профессор Полянсков Ю. В.

Нет, но фирма всё-таки допускает такую модернизацию?

Соискатель

Сейчас уже это предприятие станки не выпускает, оно занимается только модернизацией как раз этих станков.

Председатель

Юрий Вячеславович, всё, да? Профессор Леонид Викторович Худобин, пожалуйста.

Д.т.н., профессор Худобин Л. В.

Михаил Анатольевич, вот Вы в докладе, начиная пояснения своей работы, прежде всего, сказали, что станок установлен на три точки. Я правильно понял?

Соискатель

Да.

Д.т.н., профессор Худобин Л. В.

Значит, как расположены эти точки? У Вас же Т-образная станина? Как у Вас там это выглядит?

Соискатель

Станина является составной, то есть соединяется одна часть с другой болтовыми соединениями. Установлена на три опоры.

Д.т.н., профессор Худобин Л. В.

Скажите, пожалуйста, а как оформлены эти опоры? Что они собой представляют? Легко сказать точки, а на самом деле как реализованы?

Соискатель

Это такого диаметра опоры с приливом.

Д.т.н., профессор Худобин Л. В.

Что, жёсткие опоры?

Соискатель

Да, правая только жёсткая.

Д.т.н., профессор Худобин Л. В.

Теоретически правильно. Это установочная технологическая база. Трёх степеней свободы Вы лишили эту заготовку, но ведь как только начнётся динамика, начнёт работать станок, контакт между основанием станины, являющейся технологической базой, и опорами будет нарушен. Система будет вибрировать естественно. Вдобавок, у Вас там есть рабочие органы, которые перемещаются поступательно по направляющим, так? Ну, когда обрабатывают.

Соискатель

В данном случае работа в динамике не учитывалась, поскольку станок предназначен для получистовой и чистовой обработок, т.е. мы только компенсировали угловые перемещения стойки, которые возникают при изгибе станины.

Д.т.н., профессор Худобин Л. В.

Михаил Анатольевич, ну все-таки как-то, силовое замыкание надо создавать, от продольных перемещений надо как-то страховать и вдобавок на этих трёх точках такой тяжёлый, большой в общем-то объект едва ли может занимать постоянное устойчивое положение. Вы не опасаетесь, что как только начнётся работа, станок поползет по этим жёстким опорам? Ну, давайте вспомним, для того, чтобы обрабатывать заготовку, объект должен быть лишён шести степеней свободы. Да?

Соискатель

Да.

Д.т.н., профессор Худобин Л. В.

Вот и у Вас не заготовка, а большой станок. Он тоже должен быть лишён не только трёх степеней свободы за счет опор, но ещё и возможности продольных перемещений и всего прочего. Как это сделано у Вас? Ведь нельзя же взять большой станок, поставить на три точки и быть довольным.

Соискатель

Мы не занимались добавлением опор или еще чего-то, станок выпускался в таком виде, поэтому задачей исследований это не стояло.

Д.т.н., профессор Худобин Л. В.

Ну как вот реализованы еще три точки, направляющая база и опорная технологическая база на станке? Он же должен быть лишён шести степеней свободы, правда? Иначе он начнёт изменять своё положение в процессе работы. Как вот это делается? Как вы это предусмотрели? Ни как?

Председатель

Так, вопросы. Профессор Пётр Михайлович Салов.

Д.т.н., профессор Салов П. М.

При определении деформации вы учитывали гистерезисное явление?

Соискатель

Да, гистерезисное явление учитывалось.

Д.т.н., профессор Салов П. М.

То есть учитывали, да?

Соискатель

Да.

Д.т.н., профессор Салов П. М.

И такой вопрос еще. Какие напряжения наводились в стыках для повышения жёсткости? Уровень напряжений.

Соискатель

Вы имеете в виду при эксперименте?

Д.т.н., профессор Салов П. М.

Да, при эксперименте.

Соискатель

Контактные перемещения в стыках согласно балансу точности, если рассматривать между салазками и стойкой станка – были в районе 1 мкм.

Д.т.н., профессор Салов П. М.

У меня еще такой вопрос: что такое динамометр камертонного типа?

Соискатель

Динамометр позволял измерять контактные перемещения с точностью 0,2 мкм.

Д.т.н., профессор Салов П. М.

Почему камертонного типа?

Соискатель

Такие просто у нас были на предприятии, где мы внедряли.

Д.т.н., профессор Салов П. М.

Нагрузочное усилие у Вас до 8000 Н, а какие усилия Вы имитировали вот этой нагрузкой? Ведь усилие резания у Вас ну не более чем, например, для станка 200...300 Н. А почему такие огромные нагрузки? И для чего от нуля непонятно, если учитывали еще вес – ну значит надо, учитывать было предположим от 4000 до 8000 Н. Почему с 0, почему весь диапазон использовали?

Соискатель

Мы решили составить более уточнённый баланс точности, поэтому начали от минимальных нагрузок.

Д.т.н., профессор Салов П. М.

Тогда какие усилия Вы имитировали, если усилия резания очень маленькие? Почему это до 8000 Н?

Соискатель

Решили проверить при больших нагрузках до 8500 Н.

Председатель

Можно тогда я продолжу? А вот скажите, пожалуйста. Не понятно 8500 Вы ведь имитировали, при каких же режимах резания будут возникать такие силы? Получается 8000 Н (800 кгс), такого в принципе не бывает, наверное.

Соискатель

Таких высоких не будет.

Председатель

Вам вопрос задавали. Зачем такой диапазон?

Соискатель

Хотели исследовать, как ведут себя контактные взаимодействия при более высоких нагрузках.

Председатель

Скажите, пожалуйста. Вот на 15 плакате у Вас там экспериментальная установка, так ведь, да?

Соискатель

Да.

Председатель

Скажите, пожалуйста. У Вас три математических модели. А вот какая-то связь есть с этой установкой и теми тремя моделями, которые у Вас разработаны?

Соискатель

В данном случае сравнение экспериментальных и расчетных показаний выявило максимальные расхождения примерно 15 %.

Председатель

Ну, я понимаю, а вот как это было реализовано на установке самой? Как это Вы реализовали эту модель? Давайте вернёмся еще раз к 15 плакату.

Соискатель

Спасибо за вопрос. Я поясню. Угол наклона осей инструмента и соответственно отверстия определялся путём установки на стойку и заготовку двухкоординатных электронных уровней и именно этим путём мы вычисляли угловые перемещения и сравнивали уже с расчетными параметрами, которые получились.

Председатель

И последний вопрос. Скажите, пожалуйста. Вот Вы предлагаете такой подход к повышению точности обработки, но Вы говорили там о достаточно

большом количестве конкурирующих вариантов. Ваш вариант самый лучший?

Соискатель

Ранее были рассмотрены работы путем автоматического управления положением корпусной заготовки, то есть добавлением опор под станину, но ранее не рассматривался подобный вариант установки гидродомкратов.

Председатель

А Вы сравнили с тем, что было до Вас? Может, не надо было делать такую модернизацию, а ограничиться тем, что было сделано раньше.

Соискатель

В данном случае, когда рассматривался вопрос установки гидродомкратов под станину моим научным руководителем, в выпускаемой серии эти станки модернизировались таким способом, но было выявлено в процессе эксплуатации залипание золотниковой пары.

Председатель

Ну, понятно. Там говорили о еще паре вариантов.

Соискатель

Про управление положением корпусной заготовки. В данном случае это ни как не могло повлиять на положение оси инструмента и поэтому не обеспечивало нужной точности.

Председатель

Хорошо. А какой-то анализ есть в диссертации, который указывает, что Ваш вариант более эффективен и целесообразен?

Соискатель

На такую таблицу не хватило места. Первая глава аналитическая ограничена по объёму, поэтому мы не включили данные, то есть анализ проводился, но в диссертацию не включен.

Председатель

Вопросы. Доцент Унянин Александр Николаевич.

Д.т.н., доцент Унянин А. Н.

На 11 слайде сказано, что получены параметры упругих перемещений. Можно подробнее рассказать какие эти параметры? Либо на схеме их нет этих параметров, и они не расшифрованы? Я имею в виду $\Delta u_{p.k.}$, $\Delta z_{p.k.}$.

Соискатель

Были найдены вначале погрешности как в предыдущей модели на 10 слайде контактных взаимодействий «салазки – стойка станка», потом рассмотрена задача Решетова Д.Н. Опять же погрешности, возникающие при контактных перемещениях «салазки – роликовые направляющие станины». Уже после этого проведена была суммированная оценка, то есть приведенная в зону резания. Так оценивалась точность.

Д.т.н., доцент Унянин А. Н.

На какие погрешности заготовки в первую очередь оказывают влияние деформации станины, ну например, при растачивании отверстия?

Соискатель

Если возникают угловые перемещения вследствие силовых деформаций станины, то нарушается перпендикулярность относительно оси отверстия к обрабатываемой поверхности, соответственно может возникать овал при обработке, так как инструмент входит под углом, и конечно это может влиять на длину отверстия.

Д.т.н., доцент Унянин А. Н.

А угловые размеры повлияют?

Соискатель

Да, повлияют.

Д.т.н., доцент Унянин А. Н.

Такой вопрос ещё. Из каких соображений Вы выбрали точку, в которой устанавливали домкрат?

Соискатель

Из технологических. В салазках имеются карманы, чтобы конструкцию самого станка не менять, определили месторасположение карманов. В эти карманы установили домкраты.

Д.т.н., доцент Унянин А. Н.

Я имею в виду, в каком месте Вы его устанавливали?

Соискатель

Извиняюсь, не понял. Установка производилась, получается, по краям стойки, то есть в углах над направляющей станины в карманах. В специальных местах, больше не куда было установить.

Председатель

Александр Николаевич, есть ещё вопросы? Спасибо. Доцент Захаров Олег Владимирович.

Д.т.н., доцент Захаров О. В.

Насколько я понимаю, управление происходит в масштабе реального времени, да?

Соискатель

Да.

Д.т.н., доцент Захаров О. В.

В связи с этим вопрос. Используются гидравлические домкраты, они удовлетворяют по быстродействию?

Соискатель

Да. В данном случае они по быстродействию удовлетворяют, так как этот станок предназначен для получистовой и чистовой обработок, то есть процессы и перемещения стойки тут весьма небыстрые. В данном случае система позволяет компенсировать угловые перемещения.

Д.т.н., доцент Захаров О. В.

Хорошо. Спасибо.

Председатель

Так, ещё вопросы, пожалуйста. Профессор Носов Николай Васильевич.

Д.т.н., профессор Носов Н.В.

Михаил Анатольевич, скажите, пожалуйста. Плакат 18. Смещение оси отверстия. Вот из чего Вы заключили? Это комплексное смещение, да?

Соискатель

Да.

Д.т.н., профессор Носов Н.В.

А от действия, допустим станка, смещение оси отверстия, от действия инструмента и от действия приспособления. Вы не делали анализ от действия, какого технологического воздействия сформировались такие отклонения?

Соискатель

Спасибо за вопрос. Был составлен баланс точности, в котором было определен элемент, который оказывал наибольшее влияние на силовые деформации, т.е. на баланс точности станка. Это была станина стойки.

Д.т.н., профессор Носов Н.В.

Нет, а сам технологический процесс, он не влияет на отклонения?

Соискатель

Незначительно.

Д.т.н., профессор Носов Н.В.

Процесс сверления?

Соискатель

Незначительно.

Д.т.н., профессор Носов Н.В.

Сверление не значительно?

Соискатель

Да.

Д.т.н., профессор Носов Н.В.

Или Вы не исследовали это?

Соискатель

Не исследовали, но мы делали чистовую обработку, там очень маленькие нагрузки.

Д.т.н., профессор Носов Н.В.

Если всё, что делается отклонения связанные со станком – это самая высокая точность. Самая высокая точность именно от того, что станок высокой точности. А сама технология при растачивании отверстия. Вот Вы растачиваете отверстие диаметром 12 мм?

Соискатель

20 мм.

Д.т.н., профессор Носов Н.В.

20 мм и сверлите диаметром 20 мм, так?

Соискатель

Да.

Д.т.н., профессор Носов Н.В.

А как это может быть? Просверлить 20 мм и расточить на 20 мм. Я вот посмотрел как Вы выбирали режимы расточки. Как Вы выбирали? Потому что режимы подобраны просто очень далеко от того, что нужно было бы растачивать. О том, что чистовые там режимы... Ну вот я посмотрел – тут и подачи неправильно подобраны и глубина резания подобраны неправильно. Но вот какой то анализ технологического воздействия на точность отверстия есть у Вас?

Соискатель

Нет. В данном случае этого нет.

Д.т.н., профессор Носов Н.В.

Режимы – это какой слайд?

Соискатель

16-ый.

Председатель

Так, ещё вопросы, пожалуйста. Профессор Киселёв Евгений Степанович, пожалуйста.

Д.т.н., профессор Киселёв Е.С.

17-ый слайд. Круглограммы растачиваемых отверстий. А в каком сечении, на каком удалении от конца шпинделя сделано измерение заготовки? Отверстие имеет достаточно большую длину, да?

Соискатель

130 мм.

Д.т.н., профессор Киселёв Е.С.

В каком сечении Вы мерили отклонения от круглости?

Соискатель

Во всех получается. Во всех шести сечениях мерили.

Д.т.н., профессор Киселёв Е.С.

Как во всех шести сечениях? Длина отверстия, сколько у Вас?

Соискатель

Измерения производились в трёх сечениях каждой стенки.

Д.т.н., профессор Киселёв Е.С.

В трёх и в трёх, на длине 130 мм, да?

Соискатель

Да.

Д.т.н., профессор Киселёв Е.С.

Именно в базовом варианте и в Вашем?

Соискатель

Да.

Д.т.н., профессор Киселёв Е.С.

А результаты на 18-ом плакате, в каком сечении?

Соискатель

В данном случае была произведена выборка из генеральной совокупности.

Д.т.н., профессор Киселёв Е.С.

1-ый, 4-ый и 6-ый?

Соискатель

Нет. Представлены на графиках все шесть сечений, а круглограммы на 17-ом слайде для примера показаны, то есть тут конечно не все. Это три круглограммы 1-го, 4-го, 6-го сечений при номере отверстия 1, то есть самого левого верхнего отверстия заготовки.

Д.т.н., профессор Киселёв Е.С.

Вот, Вы параллельность оси отверстия контролировали, нет? В Вашем варианте и в базовом Вы под силовым действием домкрата на Вашу технологическую систему, причём из схемы на 11-ом плакате видно, что возникают вот эти углы, естественно ожидаемая непараллельность оси отверстия относительно нижней плоскости и, конечно, тогда круглограммы не могут быть одинаковыми во всех 6 сечениях. Даже вот у Вас там 1-ая, 4-ая, 6-ая круглограммы внизу практически одинаковые. Как они могут получиться так, если ось отверстия непараллельна, даже пускай в пределах допуска?

Соискатель

В данном случае в этом процессе я не участвовал, круглограммы были построены КИМом.

Д.т.н., профессор Киселёв Е.С.

Объясните как это? Если у Вас ось не будет параллельно нижнему основанию, правильно сказали, у Вас овал должен получиться, а у Вас получилось идеальное отверстие, как так?

Соискатель

Все верно, но после того как мы компенсировали угловые перемещения стойки, снизили и не параллельность оси.

Д.т.н., профессор Киселёв Е.С.

Как этого можно добиться? В одном сечении добьётесь, а когда растачиваете, перемещается Ваша борштанга, в другом сечении будет овал.

Соискатель

Если оси отверстия и инструмента совпадают, то в данном случае получается компенсация.

Д.т.н., профессор Киселёв Е.С.

Ну, этого в принципе не может быть, если наклонена борштанга.

Соискатель

Она же компенсировалась, то есть выставилась параллельность.

Д.т.н., профессор Киселёв Е.С.

Компенсируется то она, в каком-то одном сечении, а в другом сечении нет.

Председатель

Почему? Подходит к другому сечению, там тоже самое – поддомкрачивает.

Д.т.н., профессор Киселёв Е.С.

Постоянно происходит?

Соискатель

Да.

Д.т.н., профессор Киселёв Е.С.

Спасибо.

Председатель

Так, вопросы ещё есть? Если нет вопросов, давайте, наверное, с Вами заканчивать. Нет возражений? (нет). Или вот есть предложение сделать технический перерыв, наверное. Давайте 10 минут. Есть такое предложение, нет возражений? (нет). Пожалуйста, 10 минут максимум. Так, пожалуйста.

Председатель

Так, ну что, все мы в сборе, да? Продолжая, слово, предоставляется научному руководителю доктору технических наук, доценту Горшкову Борису Михайловичу.

Д.т.н., доцент Горшков Б.М.

Уважаемый председатель и уважаемые члены диссертационного совета! Рубцов М.А. закончил Тольяттинский государственный университет по специальности «Автоматизация технологических процессов и производств (в машиностроении)» в 2012 году. В этом же году он поступил в заочную аспирантуру Поволжского государственного университета сервиса, которую успешно окончил в октябре месяце этого года.

За время обучения в аспирантуре аспирант показал себя как самостоятельный, способный решать сложные инженерные и научные задачи, что результатом этого является диссертационная работа. Диссертационная работа Рубцова М.А. выполнена в русле очень серьёзного направления – это адап-

тивное обеспечение точности в рабочем пространстве металлорежущих станков. Это направление успешно продолжает развиваться в нашем университете.

Тематику диссертации Рубцов М.А. выбрал не случайно, она имеет не большую предысторию. Станки данного класса изготавливались в Самаре на одном из предприятий. Станки были заложены сразу класса точности «А», естественно их стоимость была высокой, потому что станки такого типа имеют значительную жёсткость и позволяют обрабатывать весьма сложные детали и конструкции. Учитывая, что когда изготовили такого вида станок, оказалось, что этот станок не даёт класс точности «А». У него класс точности снижен, поэтому это естественно повлияло на стоимость станка – она на треть уменьшилась, что конечно для завода было крайне не выгодно, поэтому необходимы были мероприятия, которые бы позволили поднять класс точности до класса точности «А». Эти работы в процессе изготовления станков решались, внедрялись, использовались, но они имели существенный недостаток. Этот недостаток вообще такой общий для нас. Мы можем предложить новую конструкцию, новое направление, а вот довести его до реального внедрения на производстве, довести до ума, наложив необходимые опыт, знания нам порой не хватало, потому что в производстве нет такой ячейки, нет такого отделения, которые занимались бы реальной адаптацией наших решений, которые мы предлагаем. Учитывая, что станки данного класса интенсивно используются в промышленности, названных аспирантом и имеют существенный износ направляющих, что так же снижает их точность. Поэтому эта работа явилась результатом потери точности, вызванной не искривлением направляющих, а их износом. Поэтому устройство предложенное аспирантом позволяет повысить возможности станка, исключает и износ направляющих. Самым интересным моментом ещё является то, что он перешёл от лабораторной установки до уже реального промышленного образца, то есть здесь работает чисто гидромеханическое устройство, которое позволяет весьма стабильно получать необходимую точность.

Я считаю, что диссертант выполнил полезную и нужную для производства задачу и заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07. Спасибо.

Председатель

Спасибо Борис Михайлович. Слово предоставляется учёному секретарю совета для оглашения заключения организации, где выполнялась работа, и отзыв ведущей организации.

Ученый секретарь, д.т.н., доцент Веткасов Н.И.

В деле соискателя имеется заключение Поволжского государственного университета сервиса, где выполнялась диссертация, в котором отмечается личное участие автора в получении научных результатов, степень обоснованности научных положений, достоверность полученных результатов, степень научной ценности и новизны полученных результатов, практическая

значимость работы. Отмечается, что работа достаточно хорошо апробирована в публикациях, патентах на изобретение и в материалах конференций, в которых участвовал соискатель. В заключении организации приводится вывод, что работа Рубцова М.А. отвечает всем требованиям Положения о присуждении учёных степеней, что тема диссертационной работы полностью соответствует специальности 05.02.07, рекомендуется к защите по данной специальности. Заключение принято на расширенном заседании кафедры «Сервис технических и технологических систем» и утверждено проректором по научной и инновационной деятельности, д.и.н., профессором Якуниным В.Н.

Председатель

Вопросы есть? (нет).

Ученый секретарь

Имеется также отзыв ведущей организации Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А. Отзыв подписан заведующим кафедрой «Технология машиностроения», д.т.н., профессором Васиным А.Н. Утвержден проректором по научной работе, д.т.н., профессором Остроумовым И.Г. Отзыв положительный. Так же как и в заключении Поволжского государственного университета сервиса отмечается актуальность темы, новизна полученных результатов, практическая значимость и результаты, полученные лично соискателем, публикации и апробация работы.

Вместе с тем в отзыве имеется 6 замечаний, на которых я хотел бы остановиться.

Первое замечание: В первой главе представлен анализ факторов и конструктивных особенностей, влияющих на точность металлорежущих станков, и рассмотрены методы их повышения, разработанные представителями отечественных и зарубежных школ. Однако их описание недостаточно полно и подробно.

Второе замечание: В выводах по первой главе сказано, что при анализе существующих методов расчёта точности использовался программный комплекс ANSYS Workbench 14.5, но далее в работе ему не уделено внимания.

Третье замечание: При разработке математической модели стыка подсистемы «салазки - стойка станка» желательно было бы учесть нелинейный характер их взаимодействий.

Четвёртое замечание: Не ясно, с какой целью при разработке динамической модели стойки с комплексом гидродомкратов учитывалось такое число стыков.

Пятое замечание: Не вполне ясно, с какой целью в четвертой главе представлен раздел конструктивных особенностей измерительных баз, разработанных Рубцовым М.А., если в дальнейшем они не использовались.

И последнее замечание: Из текста диссертации ясно, что предлагаемое устройство компенсации угловых перемещений стойки при деформации станины позволяет компенсировать деформации изгиба станины. Однако не ясно, как оно будет реагировать на деформации кручения.

В заключении отзыва ведущей организации отмечается, что работа представляет собой законченную научно-квалификационную работу, направленную на решения актуальной для отечественных машиностроительных предприятий задачи повышения геометрической точности горизонтальных координатно-расточных станков и соответствующую Положению о присуждении учёных степеней, а сам автор заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Председатель

Так, вопросы к Николаю Ивановичу есть? Нет вопросов.

На автореферат диссертации поступило 12 отзывов. Согласны члены совета заслушать обзор отзывов или зачитать их полностью? (обзор). Пожалуйста.

Ученый секретарь

Как уже сказал Владимир Петрович, поступили 12 отзывов на автореферат. Все отзывы положительные. И отзывы поступили от следующих организаций:

Волгоградский государственный технический университет. Отзыв подписан заведующим кафедрой «Автоматизация производственных процессов», профессором Сердобинцевым Ю.П. Три замечания: 1. Целесообразно было бы привести в автореферате структурную схему САУ, реализующую передаточную функцию (с. 10). 2. Не приведены результаты анализа существующих измерительных баз для КРС. 3. Не указаны размерности величин, входящих в формулы на с. 9 автореферата.

Второй отзыв из Омского государственного университета путей сообщения. Отзыв подписан, профессором кафедры «Информатика, прикладная математика и механика» доктором технических наук Стихановским Б.Н. Два замечания: 1. Из автореферата не ясно осуществлялось ли при выполнении экспериментальных исследований планирование эксперимента. 2. Диаграмма отклонения осей отверстий от деформации изгиба станины вследствие влияния веса стойки в сборе (рис. 7) описана не подробно, а именно она показывает основные достижения предлагаемой системы компенсации угловых перемещений стойки при деформации станины горизонтального координатно-расточного станка.

Третий отзыв из Братского государственного университета. Отзыв подписан заведующим кафедрой «Технология машиностроения», профессором Янюшкиным А.С. и доцентом кафедры «Технология машиностроения» доцентом Архиповым П.В. Три замечания: 1. Не совсем корректно, на наш взгляд, отмечается повышение точности геометрической формы отверстия с применением слова «примерно». 2. Из автореферата неясна возможность применения предложенных моделей, устройств и технических решений для металлорежущего оборудования других групп, следовало бы это отразить в основных выводах. 3. Из автореферата не ясно, проводился ли анализ эконо-

мической эффективности производственного использования предлагаемых решений.

Четвёртый отзыв из Московского государственного технического университета «СТАНКИН». Отзыв подписан заведующим кафедрой «Автоматизированные системы обработки информатизации и управления», доктором технических наук Капитановым А.В. Следующие замечания: 1. Оценка разработанной математической модели контактных взаимодействий в стыке подсистемы «салазки – стойка станка» затруднена из-за недостатка информации. 2. В третьей главе была разработана динамическая модель стойки с комплексом гидродомкратов, которая позволяет синтезировать регулятор системы управления. Не сказано динамическая модель была применена к лабораторной установке или опытно-промышленной установке?

Пятый отзыв из Оренбургского государственного университета. Подписан доцентом кафедры «Технология машиностроения, металлообрабатывающие станки и комплексы», кандидатом технических наук, доцентом Серёгиным А.А. Три замечания: 1. Из текста автореферата нельзя сложить представление о том, какой математический аппарат был использован при решении первого пункта научной новизны работы. 2. Большинство обозначений в формулах не расшифровано. 3. При изложении содержания пятой главы нет чётких пояснений к содержанию технологических переходов, производимых в ходе исследования погрешности обработки отверстий.

Шестой отзыв из Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А. Подписан отзыв профессором кафедры «Технология машиностроения», доктором технических наук Королёвым А.В. Два замечания: 1. Большое расхождение между результатами, полученными расчетным и экспериментальным методами, что говорит о не всех учтенных значимых факторах. 2. Почти все изображения разработанных устройств изображены на главных видах на чертежах без выноски и масштабирования, что затрудняет читабельность и усложняет понимание механизма работы устройств.

Седьмой отзыв из Рыбинского государственного авиационного технического университета имени П.А. Соловьёва. Подписан профессором кафедры «Прикладная механика», доктором технических наук Букатым С.А. Следующие замечания: 1. На странице 7 сказано, что задача повышения геометрической точности остро стоит применительно к горизонтальным координатно-расточным станкам, но почему не написано. 2. Вторая глава посвящена экспериментальным исследованиям силовых деформаций несущей системы станка и составления его баланса точности. Испытания описаны очень подробно, но желательно было бы приложить баланс точности, о котором была речь. 3. Какое аппаратное оснащение было использовано при выполнении высокоточных измерений обработанных отверстий и как они осуществлялись?

Восьмой отзыв из Волгоградского государственного технического университета. Отзыв составлен профессором кафедры «Автоматизация производственных процессов», доктором технических наук Плотниковым А.Л. Два

замечания: 1. Из автореферата не ясно осуществлялось ли при выполнении экспериментальных исследований планирование эксперимента. 2. Диаграмма отклонения осей отверстий от деформации изгиба станины вследствие влияния веса стойки в сборе (рис. 7) описана не столь подробно и это затрудняет понимание предлагаемой системы компенсации угловых перемещений стойки при деформации станины.

Девятый отзыв из Донского государственного технического университета. Отзыв составлен профессором кафедры «Автоматизация производственных процессов» Заковоротным В.Л. Три замечания: 1. В автореферате не описан принцип работы лабораторной установки и не понятно, что она из себя представляет. 2. Из автореферата не ясно обработка 64-х отверстий без использования системы компенсации угловых перемещений стойки при деформации станины горизонтального координатно-расточного станка и с использованием проводилось на разных заготовках или на одной? 3. Как осуществлялась обработка результатов экспериментальных исследований погрешности растачиваемых отверстий?

Десятый отзыв из Тульского государственного университета. Подписан заслуженным деятелем науки и техники РФ, профессором кафедры «Технология машиностроения» Ямниковым А.С. и профессором кафедры «Технология машиностроения», доктором технических наук Ямниковой О.А. Замечаний нет.

Одинадцатый отзыв из Волгоградского государственного технического университета. Отзыв подписан действительным членом Академии инженерных наук РФ им. А.М. Прохорова, заведующим кафедры «Технологические процессы и машины» доктором технических наук, профессором Шумячером В.М. и профессором кафедры «Технология и оборудование машиностроительных производств», доктором технических наук Пушкарёвым О.И. Замечаний нет.

И буквально вчера вечером поступил отзыв с Волжского автомобильного завода. Отзыв подписан главным специалистом службы исполнительного вице-президента по инжинирингу ПАО «АВТОВАЗ», доктором технических наук Николаевым П.А. Отзыв положительный. Имеется три замечания: 1. На рисунках 1, 2, 5 слишком мелкий текст. На будущее желательно делать графические материалы крупнее. 2. Из автореферата не ясно как именно определяется угол наклона рейки-шаблона, закрепляемой на салазках. 3. В автореферате не описан принцип работы лабораторной установки и не понятно, что она из себя представляет.

Но, не смотря на сделанные замечания во всех отзывах на автореферат, даётся оценка, что работа выполнена на высоком уровне и полностью отвечает требованиям Положения о присуждении учёных степеней, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Председатель

Спасибо, Николай Иванович. Так, Михаил Анатольевич, пожалуйста. Ответьте на замечания в заключении ведущей организации и, в отзывах на автореферат. Пожалуйста, чётко, коротко, с чем согласен, с чем не согласен.

Соискатель

Эти вопросы заново не зачитывать?

Председатель

Заново не надо.

Соискатель

На вопросы ведущей организации:

Первый вопрос. Я согласен, однако внутренняя структура диссертации такова, что объём был сжат и не получилось уложить в 20 – 25 страниц нужный объём, чтобы были более подробно рассмотрены способы повышения точности.

Второй вопрос о том, что при анализе существующих методов в диссертации написано – должен был быть использован программный комплекс ANSYS Workbench. Согласен. В данном случае ANSYS Workbench использовался в научных работах Ремнёвой О.Ю., Самохиной Н.С.

Ученый секретарь

Если согласен, то согласен.

Соискатель

Третий вопрос согласен. В дальнейших работах данное замечание будет учтено.

Четвертый вопрос был – не ясно, с какой целью при разработки динамической модели стойки такое количество стыков было использовано. Решили просто составить более уточнённую динамическую модель, поэтому принято было такое решение.

Не вполне ясно, с какой целью в четвёртой главе был представлен раздел конструктивных особенностей разработанных измерительных баз, если в дальнейшем они не использовались. Был проведён поиск перспективной измерительной базы, который был достигнут и, получен патент на изобретение.

С шестым замечанием согласен. Целью данной работы было компенсировать угловые перемещения стойки при деформации изгиба станины.

Далее замечания по отзывам. На замечания из отзывов Волгоградского государственного технического университета, подписанного д.т.н. Сердобинцевым Ю.П., Омского государственного технического университета, подписанного д.т.н. Стихановским Б.Н., Братского государственного университета, подписанного д.т.н. Янюшкиным А.С. и к.т.н. Архиповым П.В. согласен. Информация более уточнённая имеется в диссертации. Так же согласен с 1-ым и 3-им замечаниями из отзыва СТАНКИН, подписанного д.т.н., Капитановым А.В., замечаниями из отзыва Оренбургского государственного уни-

верситета, подписанного к.т.н. Серёгиным А.А., 2-ым замечанием из отзыва Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А., подписанного д.т.н. Королёвым А.В., 1-ым и 2-ым замечаниями из отзыва Рыбинского государственного авиационного технического университета имени П.А. Соловьёва, подписанного д.т.н. Букатым С.А. Еще один отзыв из Волгоградского государственного технического университета, подписанный д.т.н. Плотниковым А.Л. – тоже со всеми замечаниями согласен и ответы имеются в диссертации. Ответы на 1-ое и 3-е замечания из отзыва Донского государственного технического университета, подписанного д.т.н. Заковоротным В.Л. так же имеются в диссертации. С замечаниями отзыва, который пришел вчера с АВТОВАЗа, подписанный д.т.н. Николаевым П.А. согласен.

Хотелось бы ответить на замечания в отзыве Братского государственного университета, подписанного д.т.н., профессором Янюшкиным А.С. и к.т.н., доцентом Архиповым П.В. Из автореферата не ясна возможность применения предложенных моделей, устройств и технических решений для металлорежущего оборудования других групп, следовало бы это отразить в основных выводах. Математические и динамические модели могут применяться для оборудования других групп, а разработанные технические решения только для такой гаммы станков, рассмотренных в диссертации. Далее замечание. Из автореферата не ясно, проводился ли анализ экономической эффективности. Анализ экономической эффективности проводился. Она составила 855 тысяч рублей на один станок.

Далее замечания из отзыва Московского государственного технического университета «СТАНКИН», подписанного д.т.н., доцентом Капитановым А.В. Второй вопрос. Данная динамическая модель применялась к лабораторной установке.

В замечании из отзыва Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А., подписанного д.т.н., профессором Королёвым А.В. Было сказано о большом расхождении между результатами, полученными расчётным и экспериментальным методами. С замечанием согласен. Масштабный фактор имеет существенное значение, его необходимо было уточнить, что будет сделано в дальнейших работах.

И замечание из отзыва Рыбинского государственного авиационного технического университета имени П.А. Соловьёва, подписанного д.т.н., профессором Букатым С.А. Какое аппаратное обеспечение было использовано при выполнении высокоточных измерений обработанных отверстий и как они осуществлялись? Измерения производили с помощью КИМ «HYDROPTIC-8» Швейцарской фирмы. Она имеет в своём составе программное обеспечение, которое позволяет производить всю оценку и соответственно измерения.

Председатель

Всё?

Соискатель

Да.

Д.т.н., профессор Худобин Л. В.

Михаил Анатольевич, будьте любезны. Вы со значительной частью замечаний, которые Вам сделали авторы вот этих всех отзывов, согласились и, что Вы собираетесь с ними делать этими всеми замечаниями?

Соискатель

В дальнейших работах их учитывать.

Д.т.н., профессор Худобин Л. В.

Учитывать в дальнейшей работе. Их все можно учесть?

Соискатель

Да, только одни в большей степени, а другие в меньшей.

Д.т.н., профессор Худобин Л. В.

Едва ли. Вообще Вы очень неудачно дорогой мой докладывали, перебирали замечания. Неужели Вы думаете, что кто ни будь помнит из нас здесь присутствующих с чем Вы соглашаетесь, не называя сам вопрос? Пустой разговор получился, больше ничего.

Соискатель

Я готов зачитать вопросы, по которым дал ответы.

Председатель

Зачитывать сейчас не надо. Значит всё, да? Замечание имейте в виду, садитесь. Так, слово предоставляется официальному оппоненту доктору технических наук, профессору Базрову Борису Мухтарбековичу.

Д.т.н., профессор Базров Б. М.

Диссертационная работа аспиранта, она посвящена вечной проблеме повышения точности обработки, поскольку непрерывно у нас растут требования точности. Если вчера требования к точности ну примерно наблюдали микрон, то сегодня они составляют доли микрона. Обеспечение и достижение высокой точности, ну обычной даже точности возможны двумя путями. Первый это повышение точности самой технологической системы, а второй управление процессами возникновения погрешностей обработки. Учитывая высокий уровень требований к точности, достижение её методом повышения точности технологической системы становится очень дорогим и трудоёмким и поэтому более эффективный путь это управление процессом обработки. На чём остановился и диссертант. Если принимать ещё во внимание, что станок, в качестве объекта которого он взял координатно-расточной, станок горизонтального типа. Этот станок предназначен для обработки высокоточных деталей. Широко применяется в оборонном и гражданском машиностроении. И

вот принимая во внимание всё сказанное можно считать, что тема является актуальной. Методические работы построены правильно. С начала он провёл экспериментальные исследования, определил какие факторы вызывают погрешность, какие из них доминируют, за тем перешел к решению задачи создания системы автоматического управления процессом, где решал задачу либо управляя величиной управляющей, то есть воздействующей на контролируемую величину, либо закон управления, то есть связь между ними. И за тем перешел к проектированию самой системы, созданию экспериментальной установки и проведению эксперимента. В этом плане особых претензий нет. В результате проведения экспериментальных исследований он показал, что доминирующим фактором в образовании погрешности является прогиб станины, когда салазки вместе со стойкой перемещаются при растачивании отверстий, то есть при том же переходе где достигается самая наивысшая высшая точность, не при сверлении, а при растачивании. То есть примерно факторы вызывают погрешность, где то 55% от суммарной погрешности. В связи с этим он решил построить систему таким образом, чтобы компенсировать влияние именно этого фактора. Для этого он провел исследование теоретическое, построил математические модели и в итоге выбрал в качестве управляемой величины разряд статической настройки, то есть расстояние между осью шпинделя и зеркалом стола. В качестве управляющего воздействия он принял поворот стойки относительно салазок, для компенсации погрешности, вызываемой прогибом. Ну, я хотел бы ещё отметить такое обстоятельство, что правильно выбран этот фактор, в том смысле, что прогиб станины не зависит не от диаметра растачиваемого отверстия, ни от его длины, поэтому он как бы становится универсальным. Но, а дальше он установил закон управления, то есть связь между управляемой величиной и воздействием, увеличивая таким параметром наклон стойки с тем, чтобы всё время держать ось шпинделя параллельно зеркалу стола. Эта система разрабатывалась по программе. Программа осуществляла закон управления, который совпадает с прогибом, функцией прогиба по оси отверстия, но с обратным знаком. Затем он реализовал эту систему таким образом. Управляемая величина, она задавалась программой, поскольку эта величина систематический фактор и практически не меняющийся длительное время во времени. А что касается воздействия, то был реализован домкрат гидравлический, который поворачивает стойку относительно салазок. Программа эта задавалась за счёт устанавливаемой рейки, которая представляет собой шаблон, с учётом вот этой функции прогиба станины с обратным знаком. И по мере движения стойки, происходило нажатие на клапан и менялось давление домкрата, и так сказать управлялось положением стойки.

Значит, что здесь является научной новизной. Это выбор управляемой величины, затем выбор управляющего воздействия, это вот поворот и закон управления, то есть функция связывающая величину и математическое описание.

Практическая значимость работы заключается в том, что разработана методика управления точностью обработки положения оси отверстия и затем

создание самой экспериментальной установки, где все было проверено, главное показано, что управлять можно и, что можно получать эффект. Да и я бы еще хотел сказать, что решение удачное и действительно можно компенсировать не только вот эту погрешность вызываемую прогибом станины, но и другие систематические факторы, которые могут иметь место. Ну, например износ станины, или какие ни будь тепловые деформации, но при одном условии, что эти систематические факторы какое-то длительное время сохраняются. И можно было бы немножко перестроить для решения этой задачи систему, которую он предлагал, делать ни рейку, рейку сделать ни как шаблон который отражает вот этот закон, её сделать ровной, но наклонять её от кулачка, а кулачек имел бы профиль, который отражал бы суммарное влияние группы систематических факторов. И тогда вся вот эта система была бы более универсальной, и большая точность была бы работы. Что касается обоснованности результатов, ну это подтверждается использованием современного математического аппарата, результатами исследований, проверки системой, которая показала, что мы имеем действительно дело с повышением точности и теми публикациями, которые отражают эти результаты.

Что касается замечаний:

Ну, первое замечание, здесь оно прозвучало в ряде вопросов. А как Вы определяли максимальную нагрузку при проведении экспериментальных исследований? Чем это было обосновано?

Второе, я хотел бы тоже понять, а как Вы определяли центр? В поперечном сечении центр оси вращения, то есть центр, профиль. Каким образом?

Соискатель

На КИМе.

Д.т.н., профессор Базров Б. М.

Ну на КИМе Вы измеряли, там же какой то алгоритм. И как Вы определяли вот этот центр?

Соискатель

В данном случае в определении центра обработанного отверстия я не участвовал, определял КИМ «HYDROPTIC-8».

Председатель

Уважаемый соискатель, ответите на вопросы лучше после выступления оппонента.

Д.т.н., профессор Базров Б. М.

Потом, да? Ну, хорошо.

Первое, потому что у нас же по ГОСТу мы можем рассматривать как прилегающую окружность; по Британскому стандарту, по моему там по сумме наименьших квадратов в средней окружности; Канадский по моему стан-

дарт, там две концентричные окружности, то есть получается при одной и той же форме профиля мы можем получать разные координаты центра и этой формы, которая получается.

Затем, третье у меня замечание. Вот у меня всё таки вызывает сомнение, что отверстие имело форму овала. Наклон очень незначительный, да? И он не один к одному переносится на погрешность форм, а вот тот овал который у Вас получился на круглограмме, ну если так внимательно присмотреться, то он немножко не овал, а в какой то степени напоминает мне кардиоиду как её называют или в математике это называют улиткой Паскаля. Смысл заключается в том и кстати по-моему профессор Королёв А.В., что то говорил насчёт масштабного фактора, но если он говорил на счёт круглограммы, то да. Когда мы записываем профиль детали в виде круглограмм, то там имеет место так называемый масштабный фактор, то есть происходит нарушения условия подобия. Вот у нас есть профиль, отклонения его составляют микрон, чтобы нам перевести его в миллиметры, то надо как минимум в тысячу раз увеличить эту фигуру, то есть надо её спроектировать на стену дома, а мы с этим стягиваем в круглограмму. И тогда получается нарушение условия подобия и та форма профиля, которая имеется на круглограмме она не соответствует фактической. Если мы допустим будем записывать идеальную форму – окружность и центр записи будет совпадать с центром окружности, то здесь условие подобия не нарушается, мы получим действительно окружность. Если центр записи сместится с центром профиля этой окружности, центром окружности, то здесь уже появятся радиус-векторы разные по модулю и тогда происходит нарушение подобия и вот тогда мы на картинке получаем именно типа кардиоиду. Так, что мне кажется, здесь просто методическая ошибка, но поскольку Вы говорите, что вот эта овальность это связано где то лежит в пределах 10%, то это в общем, то не оказывает какого, то серьёзного влияния на результаты работы.

Ну а в целом я хотел бы сказать, что работа посвящена решению актуальной задачи, имеет научную новизну, практическую значимость и судя по защите аспирант владеет предметом. Я считаю, что работа соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 05.02.07, а соискатель заслуживает присуждения степени кандидата технических наук. Я всё.

Председатель

Спасибо. Присаживайтесь. Так, пожалуйста, ответы на замечания.

Д.т.н., профессор Базров Б. М.

Да, еще есть редакционные замечания.

Председатель

Да, понятно.

Соискатель

Мне получается заново не зачитывать эти замечания?

Председатель

Заново не надо.

Соискатель

С первым замечанием я согласен.

Второе замечание. В определении центра обработанного отверстия я не участвовал, определяла КИМ «HYDROPTIC-8», обеспеченная соответствующим программным обеспечением, то есть в данном случае я уже имел результаты – круглограммы.

Третье замечание. Овальность у нас возникала по нашему мнению за счёт не перпендикулярности оси инструмента по отношению к заготовке, поэтому отверстие получается овальным. Однако, учитывая масштабный фактор с замечанием следует согласиться.

Четвёртое замечание, имеющее редакционный характер – тут я полностью согласен.

Председатель

Борис Мухтарбекович, Вы удовлетворены ответом?

Д.т.н., профессор Базров Б. М.

Да.

Председатель

Спасибо, садитесь. Так, слово предоставляется официальному оппоненту к.т.н. Казаковой Ольге Юрьевне. Пожалуйста.

К.т.н., доцент Казакова О. Ю.

Диссертационная работа Рубцова М.А. является актуальной и представляет научный и практический интерес. Структура работы построена логически верно. Посвящена работа повышению геометрической точности горизонтальных координатно-расточных станков, размещённых на трёх башмаках относительно фундаментной плиты с использованием устройства компенсации угловых перемещений стойки при деформации станины.

В первой главе работы приведен анализ факторов и конструктивных особенностей, влияющих на точность машин, и методы её повышения.

Металлорежущее оборудование является одной из основ машиностроительного производства. При этом на точность обработки влияние оказывает множество факторов, но основу составляет геометрическая точность самого технологического оборудования. От точности машины зависят ее работоспособность, надежность, экономичность, производительность, уровень вибрации и шума, а также качество выпускаемой продукции.

Поэтому повышение геометрической точности технологического оборудования является важной научной и производственной задачей.

Вторая глава посвящена экспериментальным исследованиям деформаций несущей системы ГКРС и составлению его баланса точности.

В результате проведённых экспериментальных исследований выявлено, что наибольшим силовым деформациям подвержена станина, по направляющим которой перемещается стойка. Деформации изгиба станины приблизительно составляют 55 % в балансе упругих перемещений ГКРС.

В третьей главе приведены теоретические исследования снижения точности ГКРС.

Выполнено математическое описание влияния деформаций станины на снижение его точности.

При анализе теоретических и экспериментальных исследований выявилось, что силовые деформации несущей системы имеют удовлетворительное совпадение, максимальное расхождение составило 15%.

Четвёртая глава посвящена описанию разработанной экспериментальной опытно-промышленной установки компенсации угловых перемещений стойки при деформации станины ГКРС. Данная опытно-промышленная установка, разработанная Рубцовым М.А., позволила оценить эффективность повышения точности обработки станка за счет оснащения его устройством компенсации угловых перемещений стойки при деформации станины, установив в месте соединения салазок и стойки два гидродомкрата. Компенсация угловых перемещений стойки при деформации станины осуществляется автоматически.

Пятая глава посвящена оценке повышения точности на ГКРС, оснащённом устройством компенсации угловых перемещений стойки при деформации станины.

Внедрение системы компенсации угловых перемещений обеспечило снижение величины увода оси обработанного отверстия от идеального в 2 раза.

В результате установлено, что использование устройства компенсации угловых перемещений стойки при деформации станины позволяет перевести станок из класса точности В в класс точности А.

В целом представленная диссертация обладает внутренним единством и является завершённой научно-квалификационной работой, соответствующей паспорту заявленной специальности 05.02.07.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций достигается методами линейной алгебры, классической тригонометрии и механики, конечных элементов, теории резания, теории вероятности. Исследования воздействия силовых деформаций упругой системы на точность обработки проводились экспериментально в промышленных условиях на опытно-промышленной установке, оснащённой устройством компенсации угловых перемещений.

Достоверность изложенных в работе результатов обеспечивается: корректностью поставленной задачи; корректным использованием применяемо-

го математического аппарата и вводимых допущений и гипотез; сравнением данных численного расчета с данными, полученными известными аналитическими методами.

Основные результаты аналитических и экспериментальных исследований внедрены:

- в виде методики оценки влияния силовых деформаций упругой системы ГКРС на точность обработки поверхностей;
- так же в виде методики исследования перемещения стойки ГКРС с комплексом гидродомкратов на предприятии “ПАРСЕК” в городе Тольятти);
- так же в виде рекомендаций к выполнению серии лабораторно-исследовательских работ;
- в виде устройства компенсации угловых перемещений стойки при деформации станины, позволяющего снизить увод оси при расточки глубоких отверстий.

О внедрении результатов диссертационной работы свидетельствуют соответствующие акты.

Основные положения и результаты исследований докладывались и обсуждались:

- на 6-ти Международных научно-технических конференциях;
- на Международном форуме;
- на Всероссийской научно-технической конференции.

Так же по теме работы опубликовано 15 всего работ, в том числе 3 из них в журналах, рекомендованных перечнем ВАК, 8 публикаций в трудах и материалах международных, всероссийских конференций, 3 патента РФ на полезную модель, 1 патент на изобретение.

Научная новизна. В диссертационной работе получены следующие основные результаты:

- математическая модель контактных взаимодействий в стыке подсистемы «салазки – стойка станка», описывающая сближение контактирующих поверхностей, влияющих на угловые перемещения стойки;
- математическая модель, описывающая влияние изгибных деформаций станины и контактных взаимодействий стойки, салазок, роликовых направляющих станины на геометрическую точность станка;
- и динамическая модель, описывающая поведение стойки ГКРС с комплексом гидродомкратов как объект управления.

Практическая значимость заключается в:

- доказательстве положительного эффекта от использования устройства компенсации угловых перемещений стойки при деформации станины;
- практической реализации устройства компенсации угловых перемещений стойки;
- разработке лабораторной установки, выполненной на базе ГКРС;
- усовершенствовании измерительно-регистрающей базы ГКРС для оценки силовых деформаций станин на основе использования гироскопического эффекта;

– разработке и отладке экспериментальной опытно-промышленной установки компенсации угловых перемещений стойки.

Так же имеются замечания по диссертации и автореферату

Первое замечание. В третьей главе представлена динамическая модель стойки ГКРС с комплексом гидродомкратов как объект управления, позволяющая синтезировать регулятор системы управления. Предполагается, что данная модель использовалась при разработке лабораторной установки, но в тексте диссертации об этом не сказано.

Второе замечание. В четвёртой главе на рисунке 4.1 (стр. 81) представлена лабораторная установка, которая содержит устройство стабилизации положений осей обрабатываемого отверстия и инструмента на котором не ясен способ закрепления двух координатных электронных уровней на заготовке и стойке станка.

Третье замечание. На рисунке 4.12 (стр. 97) представлена схема взаимодействия рейки-шаблона с распределительным клапаном, но такое название является не корректным, поскольку это фотография реализованного устройства компенсации угловых перемещений стойки при деформации станины.

И последнее замечание. На стр. 104, 106, а так же в приложении В работы не совсем удачно представлены круглограммы – величины увода оси отверстия и шкалы плохо просматриваются на изображениях.

Отмеченные недостатки не снижают достоинств работы в научном и практическом плане.

Диссертация Рубцова Михаила Анатольевича на соискание учёной степени кандидата технических наук является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи повышения точности горизонтальных координатно-расточных станков, имеющей существенное значение для соответствующей отрасли знаний, что соответствует требованиям п. 9 «Положение о присуждении учёных степеней». Автор работы Рубцов М.А. заслуживает присуждения искомой учёной степени. У меня всё.

Председатель

Спасибо, присаживайтесь. Так, пожалуйста, ответы на замечания.

Соискатель

Ответ на первый вопрос. Данная модель использовалась при разработки лабораторной установки.

Ответ на второй вопрос. Согласен. Крепления двух координатных электронных уровней осуществлялось с помощью болтовых соединений и кронштейнов, установленных на стойке и заготовке.

С третьим и четвёртым замечаниями согласен.

Председатель

Всё, да?

Соискатель

Да.

Председатель

Так, Ольга Юрьевна, удовлетворены ответами?

К.т.н., доцент Казакова О. Ю.

Да.

Председатель

Спасибо. Так, ну что приступаем к обсуждению работы. Значит, кто хочет выступить? Пожалуйста. Д.т.н., доцент Кирилин Юрий Васильевич. Пожалуйста.

Д.т.н., доцент Кирилин Ю. В.

Я сначала хочу отметить положительные стороны работы. Прежде всего мне понравилось научная новизна работы. Разработаны математические модели, динамическая модель, которые позволили разработать опытно-промышленную установку, а здесь уже решается ещё следующий вопрос – практическая полезность. В результате анализа этой опытно-промышленной установки существующие координатно-расточные станки из класса В могут быть переведены в класс А, а для производства – это очень важный момент. Публикации тоже хороший момент. Достаточное количество публикаций и три патента на полезную модель и один на изобретение. Всё это положительные стороны работы. Из отрицательных моментов я хотел бы отметить следующее: мне не понравились ответы на вопросы. На мой взгляд, не хватило подробностей, яркости в ответах, это, несомненно, конечно отрицательная сторона. Что касается общего впечатления работы, оно у меня положительное, я буду голосовать за эту работу.

Председатель

Так. Спасибо, Юрий Васильевич. Кто ещё? Пожалуйста. Д.т.н., профессор Денисенко Александр Федорович.

Д.т.н., профессор Денисенко А. Ф.

Во-первых, приятно слушать работу, которая стремится усовершенствовать оборудование. Так сказать для меня такой подход всегда является положительным. На мой взгляд та проблема, которая здесь решается весьма актуальная. Это отмечали и оппоненты в своих отзывах. Что мне понравилось. Мне понравилось, то, что решение, которое здесь предлагается и которое реализовано, оно не просто так сказать некое виртуальное, оно обосновано и математическими моделями и подтверждено экспериментальным образом. Я думаю, то, что здесь предлагалось, найдёт дальнейшее отражение и в других научных работах, которые соискатель, ну я надеюсь, будет в дальнейшем проводить. Несколько слов о том, что, скажем, вызвало некоторые отрица-

тельные эмоции. Ну, я согласен с тем, что не совсем корректно отвечал на вопросы соискатель, часто очень коротко и без нужных пояснений. На мой взгляд, не совсем чётко была расставлена эта связь предлагаемых моделей, которые он здесь нам демонстрировал с увязкой общих задач, которые решались по работе. Ну, в целом я считаю, что цель, которую он сформулировал, в своей работе достигнута, через те задачи, которые из этой цели вытекают. Я считаю, что работа соответствует уровню кандидатских диссертаций, я буду голосовать «за».

Председатель

Спасибо, Александр Федорович. Так, пожалуйста, кто ещё есть желающие? Д.т.н., доцент Захаров Олег Владимирович.

Д.т.н., доцент Захаров О. В.

Работа интересная и производит в целом положительные впечатления как актуальностью поставленных вопросов, так и в общем то полученными результатами. Она, на мой взгляд, цельная, здесь понятна постановка задачи, путь решения, присутствуют все необходимые атрибуты диссертаций. Есть и математические модели, и соответственно практический выход у работы. Я так понимаю, что соискатель прошёл определённый путь, то есть он её докладывал, в частности, у нас в Саратовском государственном техническом университете имени Гагарина Ю.А. Мы выступили в качестве оппонировавшей организации, и это тоже позволило, в целом, сделать неплохой доклад. Я считаю, безусловно, такие работы они нужны науке и производству и желаю дальнейших успехов.

Соискатель

Спасибо.

Председатель

Спасибо, Олег Владимирович. Присаживайтесь. Так, ещё есть желающие? Ну, что тогда на этом заканчиваем, да? (да). Я бы хотел только пару слов сказать в защиту нашего соискателя. Представленную сегодня нам работу мы слушали два раза на нашем семинаре. Все компоненты к кандидатской диссертации здесь присутствуют, но мне тоже немножко не понравились ответы соискателя. Мне тоже кажется, что в докладе, по крайней мере, было не очень хорошо увязана теоретическая часть работы с выходом на экспериментальную. В целом, я считаю, что здесь есть научная новизна работы, практическая полезность и самое главное, можно поддержать данную работу, я буду голосовать – за. Значит, мы на этом с Вами заканчиваем. Заключительное слово предоставляется соискателю. Пожалуйста, Михаил Анатольевич.

Соискатель

Я хочу выразить своё большое спасибо и уважение за то, что сегодня пришли, уделили внимание моей работе членам диссертационного совета,

своему научному руководителю, проведшим большую работу и моим официальным оппонентам, Базрову Борису Мухтарбековичу и Казаковой Ольге Юрьевне. Большое спасибо.

Председатель

Спасибо. Так, переходим к голосованию. Есть предложение в состав счётной комиссии включить д.т.н. Денисенко Александра Федоровича, д.т.н. Унянина Александра Николаевича и д.т.н. Кирилина Юрия Васильевича. Нет возражений? (нет). Так, тогда можно голосовать, прошу, кто за, прошу, кто против. Всё, хорошо. Значит, я прошу счётную комиссию приступить к работе и объявляю технический перерыв для голосования.

Председатель

Так все сели, да? Значит, продолжаем работать. Так, слово предоставляется председателю счётной комиссии д.т.н. Унянину Александру Николаевичу.

Д.т.н., доцент Унянин А. Н.

Состав комиссии Денисенко Александр Федорович, Кирилин Юрий Васильевич и Унянин Александр Николаевич.

Комиссия избрана для подсчёта голосов при тайном голосовании по диссертации Рубцова Михаила Анатольевича на соискание учёной степени кандидата технических наук

Состав диссертационного совета – 20 человек.

Дополнительно в состав совета введён – 0 человек.

Присутствовало на заседании 16 членов совета, в том числе докторов наук по профилю диссертации – 9 человек.

Роздано бюллетеней – 16.

Оказалось не роздано бюллетеней – 4.

Оказалось в урне бюллетеней – 16

Результаты голосования по вопросу присуждения учёной степени кандидата технических наук Рубцову Михаилу Анатольевичу:

за – 16;

против – нет;

недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

Таким образом, на основании результатов тайного голосования за – 16, против – нет, недействительных – нет, объединённый диссертационный совет при Ульяновском государственном техническом университете и Тольяттинском государственном университете признает: диссертация Рубцова содержит решение задачи повышения геометрической точности горизонтальных координатно-расточных станков путём компенсации угловых перемещений стойки при деформации станины, имеющей существенное значение для развития технологии механической обработки, соответствует требованиям п. 9

Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям и присуждает Рубцову Михаилу Анатольевичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Председатель

И последний наш этап. У Вас у каждого есть заключение по диссертации Рубцова М.А. Есть предложение принять его за основу. Если нет возражений, принимаем за основу. И пожалуйста, замечания, предложения по заключению.

(обсуждение проекта)

Председатель

Если замечаний нет, тогда есть предложение принять заключение в целом с учётом тех замечаний, которые устранили.

Кто «за» прошу проголосовать.

Кто «за»? (Все)

Кто «против»? (Нет)

Воздержался? (Нет)

Принимается единогласно.

(Заключение диссертационного совета объявляется соискателю)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ОБЪЕДИНЕННОГО ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
Д 999.003.02
НА БАЗЕ ФГБОУ ВО «УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» И ФГБОУ ВО «ТОЛЬЯТТИНСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело N _____

решение диссертационного совета от 27.12.2016 г. № 25

О присуждении Рубцову Михаилу Анатольевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение точности горизонтальных координатно-расточных станков путём компенсации угловых перемещений стойки при

деформации станины» по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки, принята к защите 24.10.2016 г., протокол № 23 объединенным диссертационным советом Д999.003.02, созданным на базе ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет» Министерства образования и науки РФ, 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32 и ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет» Министерства образования и науки РФ, 445667, Самарская область, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14, приказ о создании диссертационного совета №123/нк от 17 февраля 2015 года.

Соискатель Рубцов Михаил Анатольевич, 1990 года рождения, в 2012 году окончил ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет».

В 2016 году окончил заочную аспирантуру ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет сервиса».

Работает ведущем инженером ООО «Потенциал Строй» г. Тольятти.

Диссертация выполнена на кафедре «Сервис технических и технологических систем» ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет сервиса».

Научный руководитель - доктор технических наук, доцент Горшков Борис Михайлович, заведующий кафедрой «Сервис технических и технологических систем» ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет сервиса».

Официальные оппоненты:

Базров Борис Мухтарбекович, доктор технических наук, профессор, ФГБУН «Институт машиноведения имени А.А. Благонравова РАН», заведующий лабораторией «Теории модульной технологии»;

Казакова Ольга Юрьевна, кандидат технических наук, ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», кафедра «Автоматизированные станочные и инструментальные системы», доцент кафедры, дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» в своем положительном заключении, подписанном Васиным Алексеем Николаевичем доктором технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Технология машиностроения, утвержденном Остроумовым Игорем Геннадьевичем, доктором технических наук, профессором, проректором по научной работе ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» – указала, что диссертация Рубцова Михаила Анатольевича соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением №842 Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года и удовлетворяет требованиям ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор - Рубцов Михаил Анатольевич - заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07–Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Соискатель имеет 15 опубликованных научных работ, из них по теме диссертации 15 работ, в том числе 3 статьи в рецензируемых научных изданиях. Объем научных изданий - 4,19 печатных листа, из них авторский вклад – 2,0 печатных листа. Получены 1 патент РФ на изобретение и 3 патента РФ на полезную модель.

Наиболее значимые работы по теме диссертации М.А.Рубцова:

1. Горшков, Б.М. Методика исследования обработки на прецизионном технологическом оборудовании / Б.М. Горшков, О.Ю.Ремнева, М.А. Рубцов // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2014. – № 4 – С. 149-151.

2. Рубцов, М.А. Методика анализа силовых деформаций несущих систем станков при контактных взаимодействиях поверхностей /М.А. Рубцов //Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2016. – № 1 (35) – С. 35-41.

3. Рубцов, М.А. Разработка динамической модели стойки горизонтального координатно-расточного станка с комплексом гидродомкратов как объект управления /М.А. Рубцов //Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2016. – № 2 (36) – С. 59 – 66.

4. Патент 136380 Российская Федерация на полезную модель, МПК В23Q 23/00. Устройство стабилизации положений осей обрабатываемого отверстия и инструмента /М.А. Рубцов, Б.М. Горшков, Н.С. Самохина, О.А. Шлегель, Р.А. Диков; заявитель и патентообладатель Поволжский государственный университет сервиса. – № 2013114036/02; заявл. 28.03.2013; опубл. 10.01.2014, Бюл. № 1. – 7 с.: ил.

5. Патент 142880 Российская Федерация на полезную модель, МПК В23Q 17/00. Устройство для контроля силовых деформаций станин координатно-расточных станков /М.А. Рубцов, Б. М. Горшков, Н.С. Самохина; заявитель и патентообладатель Поволжский государственный университет сервиса. – № 2013143594/02; заявл. 26.09.2013; опубл. 10.07.2014, Бюл. № 19. – 3 с.: ил.

6. Патент 140823 Российская Федерация на полезную модель, МПК В23Q 17/00. Устройство для измерения силовых деформаций изгиба и кручения станин координатно-расточных станков /М.А.Рубцов, Б.М. Горшков, Н.С. Самохина, А.Н. Евграфов; заявитель и патентообладатель Поволжский государственный университет сервиса. – № 2014102420/02; заявл. 24.01.2014; опубл. 20.05.2014, Бюл. № 14. – 3 с.: ил.

7. Патент 2575508 Российская Федерация на изобретение, МПК В23Q 17/00. Устройство для измерения силовых деформаций станины координатно-расточного станка /Б.М. Горшков, М.А. Рубцов, Н.С. Самохина; заявитель и патентообладатель Поволжский государственный университет сервиса. – № 2014136864/02; заявл. 10.09.2014; опубл. 20.02.2016, Бюл. № 5. – 4 с.: ил.

На диссертацию и автореферат поступили **положительные** отзывы с замечаниями: **ведущей организации** - ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», подписанный Васиним Алексеем Николаевичем, доктором технических наук, доцентом, заведующим кафедры «Технология машиностроения», утвержденном Остроумо-

вым Игорем Геннадьевичем доктором технических наук, профессором, проректором по научной работе ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.». Отзыв положительный. Замечания: 1. В первой главе представлен анализ факторов и конструктивных особенностей, влияющих на точность металлорежущих станков, и рассмотрены методы их повышения, разработанные представителями отечественных и зарубежных школ. Однако их описание недостаточно полно и подробно. 2. В выводах по первой главе сказано, что при анализе существующих методов расчёта точности использовался программный комплекс ANSYS Workbench 14.5, но далее в работе ему не уделено внимания. 3. При разработке математической модели стыка подсистемы «салазки - стойка станка» желательно было бы учесть нелинейный характер их взаимодействий. 4. Не ясно, с какой целью при разработке динамической модели стойки с комплексом гидродомкратов учитывалось такое число стыков. 5. Не вполне ясно, с какой целью в четвертой главе представлен раздел конструктивных особенностей измерительных баз, разработанных Рубцовым М.А., если в дальнейшем они не использовались. 6. Из текста диссертации ясно, что предлагаемое устройство компенсации угловых перемещений стойки при деформации станины позволяет компенсировать деформации изгиба станины. Однако не ясно, как оно будет реагировать на деформации кручения. **Официальных оппонентов:** Базрова Б.М. Отзыв положительный. Замечания: 1. Нет обоснования максимального значения нагрузки при экспериментальном исследовании. 2. Не показано как при изменении положения оси отверстия с помощью круглограммы определялось положение центра обработанного отверстия. 3. Вызывает сомнение повышение точности формы (овальность) отверстия в поперечном сечении. Дело в том, что при построении круглограммы нарушается условие подобия (так называемый масштабный эффект). Характер профиля на круглограмме ближе к «кардиоиде», а не овальности. И это является результатом смещения профиля отверстия относительно оси вращения шпинделя измерительного прибора. 4. Имеются ошибки редакционного характера, например, номер и название таблицы 5.1 находятся на разных страницах (стр. 101, стр. 102), словосочетание «Продолжение таблицы 5.1» располагается в конце стр. 102, а должно вначале стр. 103; графики на рис. 5.5 стр. 108 и рис. 5.9 стр. 110 (рис. 5.6 и рис. 5.10; рис. 5.7 и рис. 5.11) выполнены в разных масштабах, что затрудняет сравнивать результаты точности обработки с применением системы управления и без нее.; Казаковой О.Ю. Отзыв положительный. Замечания: 1. В третьей главе представлена динамическая модель стойки горизонтального КРС с комплексом гидродомкратов как объект управления, позволяющая синтезировать регулятор системы управления. Предполагается, что данная модель использовалась при разработке лабораторной установки, но в тексте диссертации об этом не сказано. 2. В четвёртой главе на рисунке 4.1 (стр. 81) представлена лабораторная установка, которая содержит устройство стабилизации положений осей обрабатываемого отверстия и инструмента, на котором не ясен способ закрепления двухкоординатных электронных уровней на заготовке и стойке станка. 3. На рисунке 4.12 (стр. 97) представ-

лена схема взаимодействия рейки-шаблона с распределительным клапаном, но такое название является не корректным, поскольку это фотография реализованного устройства компенсации угловых перемещений стойки при деформации станины. 4. На стр. 104, 106, а так же в ПРИЛОЖЕНИИ В (стр. 155-159) не совсем удачно представлены круглограммы – величины увода оси отверстия и шкалы плохо просматриваются на изображениях. **Отзыв ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»**, подписанный заведующим кафедрой «Автоматизация производственных процессов», доктором технических наук, профессором Сердобинцевым Ю.П. Отзыв положительный, замечания: 1. Целесообразно было бы привести в автореферате структурную схему САУ, реализующую передаточную функцию (с. 10). 2. Не приведены результаты анализа существующих измерительных баз для КРС. 3. Не указаны размерности величин, входящих в формулы на с. 9 автореферата. **Отзыв ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения»**, подписанный доктором технических наук, профессором кафедры «Информатика, прикладная математика и механика» Стихановским Б.Н. Отзыв положительный, замечания: 1. Из автореферата не ясно осуществлялось ли при выполнении экспериментальных исследований планирование эксперимента. 2. Диаграмма отклонения осей отверстий от деформации изгиба станины вследствие влияния веса стойки в сборе (рис. 7) описана не подробно, а именно она показывает основные достижения предлагаемой системы компенсации угловых перемещений стойки при деформации станины горизонтального координатно-расточного станка. **Отзыв ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»**, подписанный заведующим кафедрой «Технология машиностроения», доктором технических наук, профессором Янюшкиным А.С.; кандидатом технических наук, доцентом кафедры «Технология машиностроения» Архиповым П.В., замечания: 1. Не совсем корректно, на наш взгляд, отмечается повышение точности геометрической формы отверстия с применением слова «примерно». 2. Из автореферата неясна возможность применения предложенных моделей, устройств и технических решений для металлорежущего оборудования других групп, следовало бы это отразить в основных выводах. 3. Из автореферата не ясно, проводился ли анализ экономической эффективности производственного использования предлагаемых решений. **Отзыв ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»**, подписанный заслуженным деятелем науки и техники РФ, доктором технических наук, профессором кафедры «Технология машиностроения» Ямниковым А.С.; доктором технических наук, профессором кафедры «Технология машиностроения» Ямниковой О.А., замечаний нет. **Отзыв ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»**, подписанный действительным членом Академии инженерных наук РФ им. А.М. Прохорова, заведующим кафедрой «Технологические процессы и машины» доктором технических наук, профессором Шумячером В.М.; доктором технических наук, профессором кафедры «Технология и оборудование машиностроительных производств» Пушкарёвым О.И., замечаний нет. **Отзыв ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»**, подписанный заведующим кафедрой

«Автоматизированные системы обработки информатизации и управления», доктором технических наук, доцентом Капитановым А.В. Отзыв положительный, замечания: 1. Оценка разработанной математической модели контактных взаимодействий в стыке подсистемы «салазки – стойка станка» затруднена из-за недостатка информации. 2. В третьей главе была разработана динамическая модель стойки с комплексом гидродомкратов, которая позволяет синтезировать регулятор системы управления. Не сказано динамическая модель была применена к лабораторной установке или опытно-промышленной установке? **Отзыв ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»**, подписанный доцентом кафедры «Технология машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов», кандидатом технических наук, доцентом Серёгиным А.А. Отзыв положительный, замечания: 1. Из текста автореферата нельзя сложить представление о том, какой математический аппарат был использован при решении первого пункта научной новизны работы. 2. Большинство обозначений в формулах не расшифровано. 3. При изложении содержания пятой главы нет чётких пояснений к содержанию технологических переходов, производимых в ходе исследования погрешности обработки отверстий. **Отзыв ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»**, подписанный профессором кафедры «Технология машиностроения», доктором технических наук, Королёвым А.В. Отзыв положительный, замечания: 1. Большое расхождение между результатами, полученными расчетным и экспериментальными методами, что говорит о не всех учтенных значимых факторах. 2. Почти все изображения разработанных устройств изображены на главных видах на чертежах без выноски и масштабирования, что затрудняет читабельность и усложняет понимание механизма работы устройств. **Отзыв ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьёва»**, подписанный профессором кафедры «Прикладная механика», доктором технических наук, Букатым С.А. Отзыв положительный, замечания: 1. На странице 7 сказано, что задача повышения геометрической точности остро стоит применительно к горизонтальным координатно-расточным станкам, но почему не написано. 2. Вторая глава посвящена экспериментальным исследованиям силовых деформаций несущей системы станка и составления его баланса точности. Испытания описаны очень подробно, но желательно было бы приложить баланс точности, о котором была речь. 3. Какое аппаратное оснащение было использовано при выполнении высокоточных измерений обработанных отверстий и как они осуществлялись? **Отзыв ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»**, подписанный профессором кафедры «Автоматизация производственных процессов», доктором технических наук, Плотников А.Л. Отзыв положительный, замечания: 1. Из автореферата не ясно осуществлялось ли при выполнении экспериментальных исследований планирование эксперимента. 2. Диаграмма отклонения осей отверстий от деформации изгиба станины вследствие влияния веса стойки в сборе (рис. 7) описана не столь подробно и это затрудняет понимание предлагаемой системы компенсации угло-

вых перемещений стойки при деформации станины. **Отзыв ФГБОУ ВО «Донской государственной технической университет»** подписанный профессором кафедры «Автоматизация производственных процессов», доктором технических наук, Заковоротным В.Л. Отзыв положительный, замечания: 1. В автореферате не описан принцип работы лабораторной установки и не понятно, что она из себя представляет. 2. Из автореферата не ясно обработка 64-х отверстий без использования системы компенсации угловых перемещений стойки при деформации станины горизонтального координатно-расточного станка и с использованием проводилось на разных заготовках или на одной? 3. Как осуществлялась обработка результатов экспериментальных исследований погрешности растачиваемых отверстий? **Отзыв ПАО «АВТОВАЗ»**, подписанный главным специалистом исполнительного вице-президента по инжинирингу, доктором технических наук Николаевым П.А. Отзыв положительный, замечания: 1. На рисунках 1, 2, 5 слишком мелкий текст. На будущее желательно делать графические материалы крупнее. 2. Из автореферата не ясно как именно определяется угол наклона рейки-шаблона, закрепляемой на салазках. 3. В автореферате не описан принцип работы лабораторной установки и не понятно, что она из себя представляет.

Все поступившие **отзывы положительные.**

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью, научным и практическим опытом, достижениями в данной области науки, наличием публикаций по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях, а также способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **разработаны** математические модели описывающие влияние контактных взаимодействий в стыках подсистем «салазки – стойка» и «салазки - роликовые направляющие станины» на геометрическую точность горизонтального координатно-расточного станка (КРС), с комплексом гидродомкратов как объекта управления;

- **предложена** методика компенсации угловых перемещений стойки при деформации станины горизонтального КРС;

- **доказана** целесообразность и перспективность использования результатов диссертационной работы при модернизации горизонтальных КРС;

- новые понятия не **вводились**.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **доказано** влияние силовых и контактных деформаций несущей системы горизонтальных КРС на снижение их геометрической точности;

- **использован** комплекс существующих методов повышения точности металлорежущего оборудования;

- **изложены** аргументы обоснования выбора объекта исследования, в связи с тем, что потеря геометрической точности горизонтальных КРС вследствие силовых деформаций станины является проблемной стороной;

- **раскрыто** влияние собственных деформаций станины, контактных взаимодействий подсистем «салазки – стойка станка» и «салазки - роликовые направляющие станины» на геометрическую точность станка;

- **изучены** и проанализированы результаты исследований отечественных и зарубежных научных школ, занимающихся вопросом повышения точности металлорежущего оборудования;

- **проведена модернизация** горизонтального КРС модели 2А459АМФ4, направленная на повышение его геометрической точности.

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

- **разработана и внедрена** методика оценки влияния силовых деформаций упругой системы горизонтальных КРС (в статике) на точность обработки поверхностей в ФГУП «Научного конструкторско-технологического бюро» «ПАРСЕК» в рамках решения проблемы «Динамика, диагностика и надёжность технологического оборудования» (г. Тольятти). Получены патенты на полезную модель «Устройство стабилизации положений осей обрабатываемого отверстия и инструмента», № 136380; «Устройство для контроля силовых деформаций станин координатно-расточных станков», № 142880; «Устройство для измерения силовых деформаций изгиба и кручения станин координатно-расточных станков», № 140823; патент на изобретение «Устройство для измерения силовых деформаций станины координатно-расточного станка», № 2575508;

- **определены** перспективы практического использования предложенного устройства компенсации угловых перемещений стойки при деформации станины, обеспечивающего повышение геометрической точности горизонтальных КРС;

- **создана** измерительная база для контроля силовых деформаций на основе гироскопического эффекта, позволившего повысить её устойчивость;

- **представлены** рекомендации к выполнению серии лабораторно-исследовательских работ по учебным курсам «Основы технологии машиностроения», «Технология производства бытовых машин и приборов» в ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет сервиса» (г. Тольятти).

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- **для экспериментальных работ** использованы современные измерительные средства, и датчики, входящие в государственный реестр измерительных средств. Для обработки полученных сигналов использовались методы цифровой обработки сигналов, алгоритмы которых реализовывались с помощью современного программного обеспечения;

- **теория** построена на проверяемых теоретических и экспериментальных данных и согласуется с ними. Достоверность и обоснованность научных выводов, положений и полученных результатов базируется на основных положениях классической механики и тригонометрии, линейной алгебры, математической статистики, методах компьютерного и математического моделирования;

- **идея базируется** на обобщении и анализе передового опыта российских и зарубежных ученых в области проектирования горизонтальных КРС, установленных на три опоры относительно фундамента;

- **использовано** сравнение авторских данных с данными, применяемыми в производственной практике и исследованиях в указанной области;

- **установлено** качественное совпадение результатов, полученных автором, с данными, представленными в других работах, посвящённых повышению геометрической точности металлорежущего оборудования;

- **использованы** современные методики сбора и обработки исходной информации, программный пакет КОМПАС-3D V12, методики статистической обработки данных, полученных в ходе экспериментальных исследований.

Личный вклад соискателя состоит в: непосредственном участии на всех этапах выполнения исследования, включая проведение теоретических и экспериментальных исследований; разработку математических моделей, устройства компенсации угловых перемещений стойки при деформации станины горизонтального КРС; апробацию результатов исследования на международных и всероссийских конференциях; подготовку публикаций по выполненной работе.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследований и основной идейной линией, взаимосвязью поставленных задач и полученных выводов.

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

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г., № 842, с изменениями и дополнениями и представляет собой научно-квалификационную работу, в которой содержится решение актуальной задачи, направленной на повышение геометрической точности горизонтальных координатно-расточных станков путем компенсации угловых перемещений стойки при деформации станины, имеющей существенное значение для развития технологии механической обработки.

На заседании 27.12.2016 диссертационный совет принял решение присудить Рубцову Михаилу Анатольевичу учёную степень кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 9 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали «за» – 16, «против» – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

На этом защиту заканчиваем. Поздравляем нашего соискателя с успешной защитой. Благодарю диссертационный совет за работу.

Председатель
диссертационного совета
Д999.003.02
д.т.н., профессор



В.П. Табаков

Ученый секретарь
диссертационного совета
Д999.003.02
д.т.н., доцент

Н.И. Веткасов