

В диссертационный совет Д 999.003.02  
Созданный на базе ФГБОУ ВО «Ульяновский  
государственный технический университет»  
432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д.32  
Веткасову Н.И.

Отзыв

на автореферат диссертации  
КУРЫЛЕВА ДМИТРИЯ ВАЛЕРЬЕВИЧА

«Основы многокоординатного формообразования межлопаточных каналов  
осевых моноколес при предварительном прорезании  
кольцевым инструментом»,  
представленной на соискание ученой степени  
кандидата технических наук  
по специальности 05.02.07 – «Технология и оборудование механической и  
физикотехнической обработки»  
(технические науки)

Осевые компрессоры и турбины широко применяются в современном двигателестроении. Особые требования предъявляются к массе и габаритным размерам осевых компрессоров и турбин, поскольку они могут достигать 60-70% от массы всего авиационного двигателя. С целью снижения массы и габаритных размеров в конструкции осевых компрессоров и турбин применяются лопаточные моноколеса.

Наиболее распространенная технология изготовления моноколес заключается в обработке лопаточных венцов концевыми фрезами. Однако большой объем удаляемого металла и малая жесткость режущего инструмента оказывают отрицательное влияние на производительность обработки.

Одним из более производительных методов обработки моноколес является фрезерование межлопаточных каналов кольцевым инструментом. Но отсутствуют методики определения геометрических параметров кольцевого инструмента и расчета процесса формообразования при различном количестве управляемых координат.

Таким образом, определение геометрических параметров кольцевого режущего инструмента и разработка рекомендаций по его применению для формообразования межлопаточных каналов моноколес, является актуальной задачей.

В связи с этим цель, поставленная в работе, заключающаяся в повышении производительности изготовления осевых моноколес из непрофилированных заготовок не вызывает сомнений в плане своей актуальности.

Основное содержание диссертационной работы изложено в автореферате достаточно полно. Структура изложения и его объем дают представление о содержании диссертации, что также отражено в списке работ, опубликованных в научной печати. Краткая передача сути исследования дает доста-

точно четкое представление о результатах проведенной работы. Выводы по результатам работы соответствуют поставленным задачам.

По актуальности решенных задач, научной новизне, полученным результатам и их практической значимости работа является законченным научным исследованием.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований приняты для использования при освоении изготовления моноколес осевого компрессора в АО «КМПО».

По автореферату имеются следующие замечания:

1. Из автореферата не ясно, оказывают ли влияние динамические характеристики процесса резания кольцевым инструментом на шероховатость и точность обрабатываемой поверхности.

2. Из автореферата не ясно, каким образом производится назначение режимов резания и какое влияние они оказывают на производительность и точность обработки.

В целом, диссертация Курьлева Дмитрия Валерьевича «Основы многокоординатного формообразования межлопаточных каналов осевых моноколес при предварительном прорезании кольцевым инструментом», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является научной квалификационной работой и соответствует п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а её автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – «Технология и оборудование механической и физикотехнической обработки».

Гузев Виктор Иванович  
д.т.н., профессор,  
Заведующий кафедрой  
«Технология автоматизированного машиностроения»  
ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»  
(454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76)  
Тел. 267-92-67  
E-mail: tbikump@susu.ru



Батуев Виктор Викторович  
к.т.н., доцент кафедры  
«Технология автоматизированного машиностроения»  
ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»  
(454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76)  
Тел. 267-92-67  
E-mail: tbikump@susu.ru



Верно  
Ведущий документовед  
О.В. Гришина

В диссертационный Совет Д 999.003.02  
при ФГБОУ ВО «Ульяновский  
государственный технический  
университет»  
432027, ГСП, г. Ульяновск,  
ул. Северный Венец, 32.  
[www.ulstu.ru](http://www.ulstu.ru)  
от ФГБОУ ВО «Орловский  
государственный университет имени  
И.С. Тургенева»  
302026, Орловская область, г. Орел, ул.  
Комсомольская д. 95.  
Телефон: (4862) 751-318  
E-mail: [info@oreluniver.ru](mailto:info@oreluniver.ru)

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Курылева Дмитрия Валерьевича «Основы многокоординатного формообразования межлопаточных каналов осевых моноколес при предварительном прорезании кольцевым инструментом» по специальности 05.02.07 — «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» (технические науки), представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Масса компрессора и турбины современных газотурбинных двигателей составляет 0,6...0,7 массы всего авиационного двигателя, поэтому лопаточные машины должны иметь минимальную массу и габариты. Использование в роторе таких машин моноколес позволяет добиться существенного снижения массы конструкции и повысить частоту его вращения.

Изготовление осевых моноколес из непрофилированных заготовок, включающее фрезерную обработку лопаточных венцов концевой фрезой, является одним из самых распространенных способов производства этих деталей. Недостатком этого технологического приема является низкая производительность фрезерной обработки из-за необходимости удаления большого количества металла инструментом малой жесткости при небольшом размере его режущей части.

Прорезание межлопаточных каналов кольцевым инструментом достаточно эффективно решает эту проблему. К сожалению, технологи до сих пор рассматривали отдельные, часто не связанные между собой задачи, отсутствуют методики определения геометрических параметров кольцевого инструмента и расчета процесса формообразования при различном количестве управляемых координат. Это позволяет считать тему диссертации актуальной.

Автором разработаны кинематические схемы и математические модели многокоординатного формообразования межлопаточных каналов кольцевым инструментом, а так же получены траектории движения кольцевого инструмента при прорезании межлопаточных каналов в зависимости от выбранной кинематической схемы.

**Из автореферата неясно:**

- почему, если формообразование кольцевым инструментом является лишь предварительным (даже при схеме с четырьмя управляемыми координатами, погрешность обработки спинки лопасти около 4 мм, корыта – 1,2 мм. (стр. 14 автореферата), шероховатость поверхности явно выше достигаемой шлифованием и ЭХО (стр. 6 автореферата)), автор не рассматривал возможное повышение трудоемкости окончательных операций с учетом наследственного влияния погрешностей исследуемого процесса?

- что означает фраза: «Для *моноколес*, у которых расчетное значение ширины *режущей части*  $\delta R_{\max}$  меньше, чем регламентированная стандартом  $\delta R_C \dots$ » (стр. 16 автореферата, вывод 2)?

- зачем в заключении приводится вывод 5 и вторая фраза вывода 6 (стр.17 автореферата)? На наш взгляд, в них не содержится какой-либо полезной информации.

По актуальности решаемой проблемы, научному уровню и значимости полученных результатов представленная диссертационная работа отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Курылев Д.М. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 — «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» (технические науки).

Профессор кафедры «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»  
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»,  
д.т.н., профессор

Тарапанов Александр Сергеевич

Подпись д.т.н., профессора Тарапанова А.С. заверяю  
Проректор по научной работе  
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»  
д.т.н., профессор



Радченко Сергей Юрьевич

432027, г. Ульяновск, ул. Северный венец 32

ФГБОУ ВО «УлГТУ»

В диссертационный совет Д 999.003.02 на базе  
ФГБОУ ВО «УлГТУ» и ФГБОУ ВО «ТГУ»

## **ОТЗЫВ**

на автореферат диссертации Курылева Дмитрия Валерьевича **«Основы многокоординатного формообразования межлопаточных каналов осевых моноколес при предварительном прорезании кольцевым инструментом»**, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки»

Темой представленной работы являются актуальные вопросы формообразования и изготовления моноколес, обеспечивающие снижение веса конструкции и повышение частоты вращения ротора, что способствует повышению эффективности, экономичности и долговечности осевых компрессоров и турбин.

Научную значимость работы определяет решение задач по установлению связей между конфигурациями и размерами кольцевого режущего инструмента и параметрами моноколес осевых компрессоров и турбин, по разработке математических моделей многокоординатного формообразования межлопаточных каналов кольцевым инструментом, по определению влияния количества управляемых координат на погрешность формообразования межлопаточных каналов.

Разработанные модели позволяют определять машинное время обработки моноколес осевого компрессора, а также прогнозировать производительность обработки моноколес другой конструкции и размеров.

Практическую значимость работы составляют методики подбора кольцевого инструмента для обработки межлопаточных каналов определенного моноколеса осевых компрессоров и турбин, расчета траектории движения кольцевого инструмента во время обработки, определения предпочтительной по технико-экономическим показателям схемы формообразования межлопаточных каналов.

Таким образом, диссертация доведена до практического использования, что позволяет считать ее законченной научно-квалификационной работой. Основные положения работы опубликованы в 11 научных работах, а также докладывались на научных конференциях. Практические результаты диссертационной работы защищены патентом на полезную модель.

В качестве замечаний по автореферату можно указать следующее:

- в автореферате не приведены режимы резания, на которых проводились эксперименты;
- в таблице сравнения стратегий предварительной обработки межлопаточных каналов отсутствуют данные по итоговому машинному времени для 5-ти и 6-ти координатной обработки кольцевым инструментом, и поэтому нельзя определить эффективность этих способов.

Указанные замечания не носят принципиального характера и не снижают ценности проведённых исследований. Прделанная автором работа заслуживает внимания, полезна с теоретической и практической точек зрения.

В целом, работа Курылева Д.В. по своему объёму и уровню выполнения, по научной и практической значимости полученных результатов соответствует требованиям ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а её автор Курылев Дмитрий Валерьевич заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки».

Отзыв подготовили:

д-р техн. наук, профессор кафедры станков  
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»



Ф.С. Сабилов

Адрес: Сабилов Фан Сагирович, 127994, Москва, ГСП-4, Вадковский пер., д. 3-а.  
Телефон (499) 972-94-67, e-mail: [fanira5057@yandex.ru](mailto:fanira5057@yandex.ru)

Научная специальность д.т.н. Сабирова Ф.С.: 05.02.07 «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки»

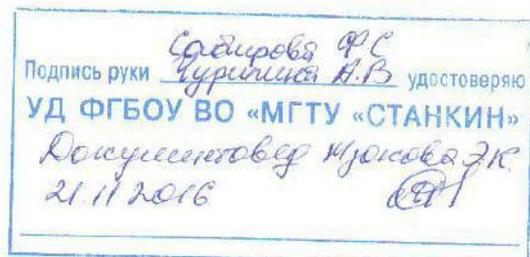
к.т.н., доцент кафедры станков  
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»



А.В. Чурилин

Адрес: Чурилин Андрей Викторович, 127994, Москва, ГСП-4, Вадковский пер., 3-а.  
Телефон: (499) 972-94-67, e-mail: [churilinav@mail.ru](mailto:churilinav@mail.ru)

Научная специальность к.т.н. Чурилина А.В.: 05.02.07 «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки»



В объединенный диссертационный совет  
Д 999.003.02, созданный на базе ФГБОУ ВО  
«Ульяновский государственный технический  
университет» и ФГБОУ ВО «Тольяттинский  
государственный университет», ученому секретарю  
диссертационного совета Н.И. Веткасову  
432063, Россия, г. Ульяновск, ул. Энгельса, 3, первый  
корпус, ауд. 117

### ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Курьлева Дмитрия Валерьевича «Основы многокоординатного формообразования межлопаточных каналов осевых моноколес при предварительном прорезании кольцевым инструментом», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки)

Технология изготовления моноколес осевых компрессоров и турбин, основанная на применении кольцевого инструмента при предварительном прорезании межлопаточных каналов, позволяет повысить производительность формообразования сложнопрофильных поверхностей лопаток. Такая технология выгодно, отличается от широко используемой в двигателестроении технологии, реализуемой на основе фрезерования каналов концевым инструментом. Решению вопросов, связанных с повышением эффективности использования кольцевого инструмента при производстве моноколес, и посвящена диссертационная работа Курьлева Д.В.

Автором выявлены зависимости конфигурации и размеров кольцевого режущего инструмента от геометрических параметров обрабатываемых поверхностей, определена область применения кольцевого инструмента для формообразования межлопаточных каналов, разработаны кинематические схемы и математические модели многокоординатного формообразования каналов, установлено влияние числа управляемых координат на отклонения размеров получаемой поверхности от её номинальной геометрии.

Представленная на отзыв работа обладает научной новизной, теоретической и практической ценностью. Она выполнена с большим объемом аналитических и экспериментальных исследований, математического и имитационного моделирования кинематики многокоординатной обработки сложных поверхностей с привлечением вычислительной техники и современного программного обеспечения автоматизированного проектирования и подготовки производства

Результаты исследования представлены в публикациях, прошли апробацию, приняты к использованию одним из ведущих моторостроительных предприятий. Её практическая ценность подтверждена разработкой рекомендаций по применению кольцевого инструмента и выбору предпочтительных схем фрезерования межлопаточных каналов моноколес осевых компрессоров и турбин.

Вместе с тем имеются следующие замечания:

1. На стр.15 автореферата заявлено: «Приведенные выше результаты относятся к рассмотренному моноколесу...». Возникают вопросы:

Представленные выкладки носят общий характер или справедливы только для частного случая?

Насколько универсальны предложенные автором методики и рекомендации?

2. Из описания содержания четвертой главы, представленного на стр. 12 автореферата, не ясно, каким должен быть план проведения расчетов? До трех координат, отмечается в автореферате, расчеты проводятся по зависимостям, предложенным автором, а далее предполагается переход в Siemens NX. Означает ли это, что для колеса другой геометрии следует придерживаться такой же последовательности расчетов и использовать исключительно указанную CAD/CAM систему? Что делать, если предполагаемый пользователь не располагает Siemens NX?

3. Автор не совсем корректно использует термин «погрешность формообразования», понимая под ним не погрешность обработки, то есть отклонение размера, полученного после обработки, от номинального размера, а отклонение размеров получаемой поверхности после фрезерования кольцевым инструментом от её номинальной геометрии. При этом совершенно ясно, что исследуемый метод прорезания межлопаточных каналов позволяет добиться значительного повышения производительности и не предназначен для получения поверхностей лопаток в окончательном исполнении с высокой точностью.

Отмеченные недостатки не снижают ценности диссертационной работы и не оказывают существенного влияния на ее результаты.

Диссертационная работа представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, которая выполнена на высоком научном и техническом уровне. Предложенные автором решения имеют теоретическую и практическую значимость для машиностроения при решении прикладных задач, связанных с обработкой сложных и ответственных деталей авиационных двигателей. По новизне, научной и практической ценности работа отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата наук по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Профессор кафедры технологии и оборудования  
машиностроительных производств  
Иркутского национального исследовательского  
технического университета,  
д.т.н., профессор



Б.Б. Пономарёв

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, ИРНИТУ, кафедра ТОМП.

E-mail: [pusw@istu.edu](mailto:pusw@istu.edu), [pbb47@yandex.ru](mailto:pbb47@yandex.ru)

Тел. 83952405020, 83952405149

Научная специальность: 05.02.08 - Технология машиностроения



В диссертационный совет Д 999.003.02  
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный  
технический университет»

**ОТЗЫВ**

**на автореферат диссертации Курьлева Дмитрия Валерьевича  
«Основы многокоординатного формообразования межлопаточных каналов  
осевых моноколес при предварительном прорезании кольцевым инструментом»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 05.02.07 – «Технология и оборудование механической и физико-  
технической обработки (технические науки)»**

В настоящее время авиастроение в России является одной из основных и самых перспективных отраслей отечественной промышленности. Изготовление авиационных двигателей наиболее ответственный и трудоемкий этап производства самолета. Поэтому, данная работа, посвященная повышению эффективности изготовления осевых моноколес авиационных двигателей актуальна.

Цель диссертационной работы – повышение производительности изготовления осевых моноколес из непрофилированных заготовок.

Сформулированные автором задачи исследования всесторонне и в полном объеме отражают общую цель работы и способствуют ее достижению.

Используемая автором методика исследования позволила получить интересные результаты, обладающие научной новизной и практической ценностью.

Научные и практические результаты работы внедрены в производство вертолетного газотурбинного двигателя на АО «КМПО».

По автореферату имеется замечание:

В автореферате не представлены результаты исследования производительности обработки кольцевым инструментом и эффект, полученный по сравнению с традиционно применяемыми методами обработки моноколес.

Однако высказанное замечание не умаляет ценности научной работы. Автором проделана большая работа, основные результаты которой обсуждались на научно-технических конференциях высокого уровня.

**Заключение.** Тема диссертационной работы актуальна. Диссертационная работа является законченной научной работой, имеющей научную новизну и практическую значимость, полностью соответствует п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением правительства РФ №842 от 24.09.2013 г.

Предъявляемому к кандидатским диссертациям. Автор работы Курьлев Дмитрий Валерьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – «Технология и оборудование методической и физико-технической обработки (технические науки)».

Доцент кафедры

«Технология машиностроения»

ФГБОУВПО «КнАГТУ»

доцент, кандидат технических наук

Евгений Борисович Шелкунов

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮЩЕГО  
« 28 » 11 2016  
начальник отдела кадров



Почтовый адрес: 681013, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, ФГБОУ ВО  
Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет  
(КнАГТУ), пр. Ленина, 27

Телефон: (4217) 24-11-35

432027. г. Ульяновск, ул.  
Северный венец, 32,  
Ульяновский государственный  
технический университет,  
диссертационный совет  
Д999.003.02, ученому секретарю  
Веткасову Н.И.

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Курылева Дмитрия Валерьевича «Основы многокоординатного формообразования межлопаточных каналов осевых моноколес при предварительном прорезании кольцевым инструментом» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07.

Расширение области применения конструкции осевых моноколес газотурбинных двигателей остро ставит вопросы повышения производительности их изготовления. Не смотря на то, что на производстве основным методом получения осевых моноколес является их изготовление из непрофилированных заготовок, недостатком этого технологического приема является низкая производительность. Особенно при предварительном прорезании межлопаточных каналов. В связи с этим тема диссертационного исследования актуальна.

В ходе выполнения работы автором был получен ряд результатов, имеющих **научную новизну и практическую ценность**. Получены математические зависимости для определения размеров кольцевого инструмента с учетом основных геометрических параметров осевого моноколеса. Разработаны методики расчета траектории движения инструмента при формировании межлопаточных каналов в условиях использования многоосевых станков с ЧПУ.

Автором выполнен большой объем экспериментальных исследований. Совпадение результатов численного и физического экспериментов, подтверждает достоверность разработанных моделей и методик.

Результаты исследований полно опубликованы в открытой печати, в том числе в изданиях, рекомендованных ВАК, результаты неоднократно

представлялись на научно-технических конференциях различного уровня. По автореферату имеются следующие замечания:

1. Из текста автореферата неясно, в какой степени, предложенные математические зависимости и методики расчета траектории движения кольцевого инструмента применимы при обработке осевых моноколес других типоразмеров конкретного изделия.
2. На стр.15 автореферата представлено сравнение стратегий предварительной обработки межлопаточных каналов в зависимости от Числа управляемых координат и конструкции режущего инструмента. Однако в автореферате нет информации по назначению режимов резания для каждого варианта и поэтому не совсем понятно, почему при увеличении количества управляемых координат возрастает машинное время прорезки канала кольцевым инструментом.

В целом диссертация отвечает требованиям, согласно п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор Курылев Дмитрий Валерьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.06 «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки».

Профессор кафедры технологий  
производства двигателей, д.т.н.  
ФГАОУ ВО «Самарский национальный  
исследовательский университет имени  
академика С.П.Королева», Московское  
шоссе д.34, г. Самара 443086  
тел. 334-74-91  
e-mail: pdla@ssau.ru

Проничев  
Николай Дмитриевич

Подпись Трошкова Н.А. удостоверен  
Начальник отдела сопровождения деятельности  
ученых советов Самарского университета  
Васильева М. Васильева М.  
6 сентября 2016 г.



В диссертационный совет  
Д 999.003.02 Ульяновского  
государственного технического  
университета

### ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Курылева Дмитрия Валерьевича  
«Основы многокоординатного формообразования межлопаточных  
каналов осевых моноколес при предварительном нарезании кольцевым  
инструментом», представленной на соискание ученой степени кандидата  
технических наук по специальности  
05.02.07. – «Технология и оборудование механической и физико-  
технической обработки»

Повышение производительности обработки сложнопрофильных деталей, является наиболее важной задачей машиностроительного производства. Это очень ответственные детали, формообразование которых вызывает определенные сложности при обработки, поэтому тема диссертации, посвященная многокоординатному формообразованию межлопаточных каналов осевых моноколес при предварительном нарезании кольцевым инструментом, является *актуальной*, особенно в условиях современного автоматизированного производства.

Для достижения поставленной цели Курылевым Д.В. предложены математические зависимости формы и размеров кольцевого инструмента от комплекса и параметров моноколес осевых компрессоров и турбин; разработаны кинематические схемы и математические модели многокоординатного формообразования межлопаточных каналов осевым инструментом. Разработана методика расчета траектории движения кольцевого инструмента при прорезании межлопаточных каналов. Проведенные исследования позволили автору получить *новые научные результаты*.

*Практическая ценность работы* состоит в:

- методике подбора типоразмера кольцевого инструмента при обработке межлопаточных каналов различных моноколес осевых компрессоров и турбин;
- методике траектории движения кольцевого инструмента во время обработки межлопаточных каналов;
- рекомендациях по применению кольцевого инструмента для формообразования межлопаточных каналов моноколес и определении предпочтительной схемы по технико-экономическим показателям.

По содержанию автореферата можно сделать следующие **замечания**:

1. Из автореферата не ясно, из какого материала и по какой технологии был изготовлен инструмент и анализировались ли его физико-механические свойства?
2. Изготовление оригинального инструмента сопряжено с дополнительными затратами, вызывающими повышение себестоимости изготовления детали.

В целом работа Курылева Д.В. по актуальности, научной новизне и практической ценности соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07. - «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки».

Зав. кафедрой «Оборудование и технологии  
обработки материалов» ЭТИ СГТУ имени Гагарина Ю.А.,  
д.т.н. проф.

Т.Г. Насад

Подпись проф. Насад Т.Г. заверяю:



*Handwritten signature of the certifier* Касьянов Г.А.

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Курьлева Дмитрия Валерьевича на тему: «*Основы многокоординатного формообразования межлопаточных каналов осевых моноколес при предварительном прорезании кольцевым инструментом*», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» (технические науки)

Изготовление осевых моноколес из непрофилированных заготовок, включающее фрезерную обработку лопаточных венцов концевой фрезой, является одним из самых распространенных способов производства этих деталей. Недостатком при таком изготовлении осевых моноколес является низкая производительность фрезерной обработки из-за необходимости удаления большого количества металла инструментом малой жесткости при небольшом размере его режущей части.

С появлением многокоординатных станков с числовым программным управлением (ЧПУ) процесс формообразования (обработки) межлопаточных каналов осевого моноколеса стал более коротким по времени обработки с одной стороны и более дорогостоящим с другой стороны.

При серийном и массовом изготовлении осевых моноколес затраты на приобретение станков с ЧПУ окупаются в течение 2-3 лет. Исходя из сказанного, считаю, что работа, выполненная Курьлевым Д.В. по осуществлению практического формообразования межлопаточных каналов осевых моноколес на многокоординатных станках с ЧПУ, своевременна и актуальна.

*Научная новизна* работы состоит: в разработке математических моделей многокоординатного формообразования межлопаточных каналов кольцевым инструментом; в разработке методик расчета траектории движения кольцевого инструмента при прорезании межлопаточных каналов в зависимости от выбранной кинематической схемы.

*Достоверность* результатов теоретических исследований обеспечена применением апробированных методов аналитической и дифференциальной геометрии, теории поверхностей, имитационного моделирования, теории формообразования. *Достоверность* разработанных математических моделей и схем формообразования подтверждается результатами имитационного моделирования и натурального эксперимента.

*Практическая значимость* работы заключается в возможности использования следующих разработок: методики подбора типоразмера кольцевого инструмента для обработки межлопаточных каналов различных моноколес осевых компрессоров и турбин; методики расчета траектории движения кольцевого инструмента во время обработки межлопаточных каналов; рекомендации по применению кольцевого инструмента для формообразования межлопаточных каналов моноколес.

Результаты проведенной работы по формообразованию межлопаточных каналов осевых моноколес с использованием многокоординатных станков с ЧПУ позволили значительно сократить время обработки осевых моноколес.

Материалы диссертации опубликованы в 11 работах (четыре статьи опубликованы в изданиях из перечня ВАК РФ) и докладывались на пяти научно-технических конференциях, что достаточно для апробации работы. Получен патент РФ на полезную модель.

Автореферат даёт представление о существе диссертационной работы, однако при ознакомлении с авторефератом возникли следующие замечания и вопросы.

*Замечания.*

1. Некорректно сделан рисунок 1 стр. 6. Разрез А-А (на рисунке почему-то «сечение» (при выполнении сечения за ним не рисуются габариты детали)) не имеет знака – «повернуто», и перо лопатки должно быть заштриховано.

2. На рисунке 3, стр. 7 на виде *б*) показан параметр  $\delta R$  (нет его расшифровки, а по тексту на стр. 9 фигурирует параметр  $\delta R_{max}$ ).

3. В формуле (2) стр. 9 нет расшифровки параметра  $t$ .

4. В автореферате много математических формул и часть параметров в них не расшифрованы по тексту, что приводит к трудностям анализировать правильность написания этих формул.

*Вопросы.*

1. Почему в рамках натурального эксперимента проводилась четырех координатная обработка, а в теоретических исследованиях описаны пяти и шести координатные обработки? (на СИЗе (Свердловский инструментальный завод) при обработке лопаток с аналогичной геометрией много лет применяют пяти координатные станки).

2. Из текста автореферата не ясно есть внедрение (акт внедрения) результатов работы на промышленных предприятиях или нет?

Указанные замечания не могут повлиять на общую положительную оценку работы.

На основании изложенного считаю, что диссертация Курылева Д.В. «*Основы многокоординатного формообразования межлопаточных каналов осевых моноколес при предварительном прорезании кольцевым инструментом*» по своей цели, задачам, содержанию, методам исследования, научной новизне и практической значимости соответствует формуле паспорта специальности 05.02.07 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» и полностью отвечает п. П.9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, а ее автор Курылев Дмитрий Валерьевич заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки».

Профессор кафедры «Технологии машиностроения» ФГАОУ ВО Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, доктор технических наук, старший научный сотрудник Красильников Александр Яковлевич, 620002, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. Тел. 8 (343) 375-48-94

Подпись удостоверяю:

Ученый секретарь

ФГАОУ ВО Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

17 ЯНВ 2016



В.А. Морозова

432063, г. Ульяновск,  
ул. Энгельса, 3, Первый корпус, ауд.117  
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный  
технический университет»,  
Ученому секретарю диссертационного  
совета Д 999.003.02  
Веткасову Николаю Ивановичу

### ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы

Курылева Дмитрия Валерьевича

на тему: «Основы многокоординатного формообразования межлопаточных каналов осевых моноколес при предварительном прорезании кольцевым инструментом» представляемой на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности: 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки

Тенденции последних лет, наблюдаемые в деятельности мировых лидеров в области авиационного двигателестроения, проявляющиеся в повышении требований весовым характеристикам, эффективности, экономичности и надежности современных компрессоров и турбин, в полной мере обосновывают актуальность диссертационного исследования, результаты которого представлены в рецензируемом автореферате. Определенный консерватизм отечественных производителей авиационных двигателей, заключающийся в использовании технологии фрезерования лопаточных венцов концевой фрезой и преимущества разработанной в КНИТУ-КАИ схемы прорезания межлопаточных каналов кольцевым инструментом вполне обосновывают сформулированную автором цель работы, заключающуюся в создании высокопроизводительного процесса изготовления осевых моноколес из непрофилированных заготовок с использованием кольцевого режущего инструмента.

Перечень задач, поставленных и решенных в диссертационной работе, включая выявление зависимости конфигурации и размеров кольцевого режущего инструмента от комплекса параметров трактовых поверхностей моноколес осевых компрессоров и турбин, определение области применения кольцевого инструмента для формообразования межлопаточных каналов моноколес с применяемыми в авиадвигателестроении лопаточными решетками, разработку кинематических схем и математических моделей многокоординатного формообразования межлопаточных каналов, - положительно характеризуют системный подход соискателя к решению сложной научно-технической проблемы, его умение оценить многих факторов на эффективность процесса, что очень важно при

попытке практической реализации результатов новой разработки в такой относительно консервативной отрасли, как авиадвигателестроение.

К наиболее важным результатам диссертации Д.В. Курылева следует отнести разработанное им структурно-математическое описание зависимостей формы и размеров кольцевого инструмента от комплекса геометрических параметров моноколес осевых компрессоров и турбин, использование которого позволило формализовать построение кинематических схем и моделей многокоординатного формообразования межлопаточных каналов кольцевым инструментом, разработать методики расчета траектории движения кольцевого инструмента при прорезании межлопаточных каналов для выбранной кинематической схемы.

Обладая в значительной степени признаками научной новизны, эти результаты имеют вполне ясную перспективу практического применения, однако, при наличии соответствующих решений на достаточно высоком уровне.

Практическая значимость работы заключается в создании методик и рекомендаций, использование которых прошло апробацию в условиях опытных лабораторий КНИТУ-КАИ.

Достоверность полученных результатов обоснована корректным использованием положений и методов дифференциальной геометрии, имитационного моделирования процессов формообразования и результатами натуральных экспериментов. Важной особенностью работы является использование принятой в отрасли системы Siemens NX.

Количество публикаций по теме диссертации и докладов на научных конференциях отвечает требованиям ВАК РФ.

В качестве замечаний по тексту автореферата следует привести следующее:

1. Приводя важнейшие для рассматриваемого процесса соотношения (1) – (4), автор не указывает, каким методом эти соотношения получены, использовались ли какие-либо допущения и т.п., что является неотъемлемой частью описания любого соотношения, моделирующего процесс или явление. эмпирические формулы для показателей сложности технического обслуживания, обеспечения запасными частями, замены устаревшего оборудования и т.д. (стр. 6-9 автореферата), что не позволяет сделать вывод об обоснованности приводимых соотношений.
2. К сожалению, приводя важные соотношения (9) и ссылаясь при этом на параметрические уравнения 3D поверхности, автор не указывает, в какой системе координат эти поверхности параметризуются.
3. В заключительной главе автор рекомендует осуществлять выбор схемы формообразования, исходя из наличного станочного парка, программы выпуска моноколес, затрат на производство и других факторов. Весьма полезным и убедительным было бы привести сопоставление показателей эффективности для 2-3 рассмотренных схем, примененных к реальным производственным условиям.

Отмеченные недостатки, обусловленные, возможно, ограниченным объемом автореферата, не влияют на общую оценку актуальности, научной новизны и практической значимости работы. Область диссертационного исследования Д.В.

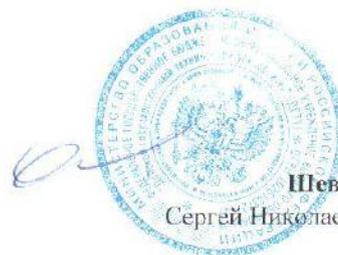
Курьлева полностью отвечает паспорту специальности 05.02.07. А именно, в работе исследуются закономерности и взаимосвязи в технологических процессах формообразования тел (деталей) путем удаления части начального объема материала, а также в технических средствах реализации процессов (станки, инструмент), разрабатываются методики проектирования, расчета и оптимизации параметров инструмента ..., обеспечивающие реализацию технически и экономически эффективных процессов обработки.

Диссертационная работа «Основы многокоординатного формообразования межлопаточных каналов осевых моноколес при предварительном прорезании кольцевым инструментом» полностью отвечает требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ, а ее автор Курьлев Дмитрий Валерьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

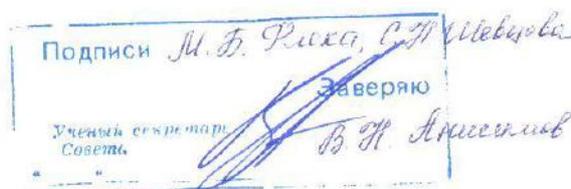
Заведующий кафедрой «Авиастроение»  
Донского государственного технического  
университета, Заместитель управляющего  
директора ПАО «Роствертол»,  
Доктор технических наук, профессор  
e-mail: [michflek@gmail.com](mailto:michflek@gmail.com)  
344038, Ростов-на-Дону, ул. Новаторов, 5  
Тел. 88632977377

Профессор кафедры «Авиастроение» Донского  
государственного технического университета,  
Заведующий лабораторией авиационных систем  
и технологий Южного научного центра  
Российской академии наук, Доктор технических  
наук, профессор  
e-mail: [aeroengdstu@list.ru](mailto:aeroengdstu@list.ru)  
344006, Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41  
Тел. 88632213385

**Флек**  
Михаил Бенсионович



**Шевцов**  
Сергей Николаевич



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский политехнический  
университет Петра Великого»  
(ФГАОУ ВО «СПбПУ»)

Институт металлургии машиностроения  
и транспорта  
Кафедра «Технология машиностроения»  
(812)552-76-64

Ученому секретарю диссертационного  
Совета Д 999.003.02 при ФГБОУ ВО  
«УлГТУ» и ФГБОУ ВО «ТГУ»  
Н.И.Веткасову

№ \_\_\_\_\_

## О Т З Ы В

На автореферат диссертационной работы Курылева Дмитрия Юрьевича  
«Основы многокоординатного формообразования межлопаточных каналов  
осевых моноколес при предварительном прорезании кольцевым  
инструментом», представленной на соискание ученой степени кандидата  
технических наук

Решение проблемы повышения производительности изготовления осевых моноколес из непрофилированных заготовок за счет применения кольцевого инструмента, несомненно, является актуальной задачей. Разработка новых технологий обработки осевых моноколес кольцевым инструментом представляет практический интерес для промышленности.

Автором работы разработаны кинематические схемы и математические модели многокоординатного формообразования межлопаточных каналов кольцевым инструментом, получены зависимости формы и размеров кольцевого инструмента, учитывающие геометрические параметры межлопаточных каналов моноколес осевых компрессоров и турбин.

Практическая ценность работы состоит в практических рекомендациях по применению кольцевого инструмента для формообразования межлопаточных каналов моноколес и определению предпочтительной схемы по технико-экономическим показателям.

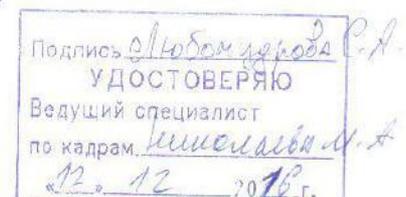
В качестве недостатка следует отметить то, что в автореферате отсутствуют данные о режимах обработки, при которых проводился эксперимент (скорость резания, обороты и т.д.).

Несмотря на указанный недостаток, диссертация Д.Ю.Курылева по научной новизне и практической значимости полностью отвечает требованиям ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автору Д.Ю.Курылеву может быть присвоена ученой степени кандидата технических наук.

Зав.кафедрой «Технология  
машиностроения» СПбПУ,  
к.т.н., доцент



С.А.Любомудров



### Отзыв

на автореферат диссертационной работы **Курылева** Дмитрия Валерьевича «Основы многокоординатного формообразования межлопаточных каналов осевых моноколес при предварительном прорезании кольцевым инструментом» представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07. – «Технология и оборудование механической и физикотехнической обработки» (технические науки).

Современная технология производства осевых компрессоров газотурбинных двигателей основана на использовании для формообразования межлопаточных каналов осевых моноколес концевых фрез малой жесткости и как следствие низкой производительностью. Исходя из этого снижение трудоемкости формообразования межлопаточных каналов осевых моноколес ГТД определяет актуальность темы исследования.

Задачи, решенные для достижения поставленной цели по уровню сложности и значимости полученных результатов соответствуют кандидатским диссертациям по указанной специальности. Адекватность теоретических исследований реальным объектам подтверждена численными и физическими экспериментами.

Заслуживает положительной оценки полученные автором математические зависимости для геометрических параметров кольцевого инструмента, определения области эффективного применения предлагаемого способа обработки, выбора кинематических схем многокоординатного формообразования с числом управляемых координат от одной до шести.

Построение диссертации логично и соответствует поставленной цели.

Сформулированные автором положения научной новизны и практической полезности сомнений не вызывает.

По реферату имеются замечания:

1. Рассмотренные схемы многокоординатного формообразования каналов кольцевым инструментом отличаются невысокой точностью, что не позволяет использовать их для окончательной обработки и приводит к увеличению числа технологических операций (или переходов).

2. По нашему мнению с целью повышения точности и производительности формообразования межлопаточного канала целесообразно рассмотреть схему трехкоординатной обработки с использованием управляемых координат: по оси  $z$  (поступательного перемещения инструмента),  $S_{\omega}$  (поворота заготовки) и  $S_{\alpha}$  (изменение диаметра режущей части).

3. Для оценки производительности схем формообразования межлопаточных каналов целесообразно сравнивать время обработки одной впадины, а не моноколеса. Такая оценка принята для определения производительности обработки зубчатых колес.

Замечания не снижают общей положительной оценки работы.

В целом работа является законченной научно-исследовательской квалификационной работой и соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» (технические науки) и п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», а соискатель Курылев Дмитрий Валерьевич достоин присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по данной специальности.

Профессор кафедры  
«Инструментальные и метрологические  
системы» ТулГУ, д.т.н.

Е.Н. Валиков

ФГБОУ ВО Тульский  
государственный университет  
почтовый адрес, 300012 г. Тула, ГСП,  
проспект Ленина, 92  
телефон, 8(910)944-39-25  
адрес электронной почты: valikoven@rambler.ru  
Валиков Евгений Николаевич

