

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.332.01,
созданного на базе Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования «Московский
государственный технологический университет «СТАНКИН» Министерства
науки и высшего образования Российской Федерации,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 06 июня 2023 г. № 9

О присуждении Домнину Петру Валерьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени **доктора технических наук**.

Диссертация на тему «Повышение эффективности инструмента при обработке сложнопрофильных, в том числе винтовых, поверхностей на базе цифровых технологий формообразования» по специальности 2.5.5 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» принята к защите 27 февраля 2023 г., протокол № 3, диссертационным советом 24.2.332.01, созданным на базе ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 127994, ГСП-4, г. Москва, Вадковский переулок, д. 3а, приказом от 01.04.2013 г. № 156/нк.

Соискатель Домнин Петр Валерьевич, 1986 года рождения, в 2009 году окончил государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский государственный технологический университет «Станкин» по специальности «Инструментальные системы машиностроительных производств», присуждена квалификация ИНЖЕНЕР.

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Разработка процесса формообразования фасонных винтовых поверхностей инструментов на основе применения стандартных концевых и торцевых фрез» защитил в 2012 году в диссертационном совете, созданном при Московском государственном технологическом университете «Станкин» Минобрнауки России, г. Москва.

В период подготовки диссертации по настоящее время Домнин Петр Валерьевич работает доцентом на кафедре инструментальной техники и технологии формообразования федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», г. Москва.

Диссертация выполнена на кафедре инструментальной техники и технологии формообразования федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, г. Москва.

Научный консультант – Петухов Юрий Евгеньевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры инструментальной техники и технологии формообразования федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», г. Москва.

Официальные оппоненты:

Артамонов Евгений Владимирович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Станки и инструменты» Института промышленных технологий и инжиниринга федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский индустриальный университет», г. Тюмень,

Куликов Михаил Юрьевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет транспорта», г. Москва,

Попов Андрей Юрьевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Металлорежущие станки и инструменты» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный технический университет», г. Омск, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Грубым Сергеем Витальевичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Инструментальная техника и технологии», Мальковым Олегом Вячеславовичем, кандидатом технических наук, доцентом, доцентом кафедры «Инструментальная техника и технологии», и утвержденном Дрогозовом Павлом Анатольевичем, доктором экономических наук, профессором, проректором по науке и цифровому развитию, указала, что в диссертационной работе Домнина Петра Валерьевича решена научная проблема, имеющая важное хозяйственное значение для отрасли машиностроения в предметной области механической обработки, инструментального производства, заключающаяся в разработке унифицированной структуры проектирования режущих инструментов, сформированной на основе установленных взаимосвязей и включающей расчетные схемы и математические модели, компьютерные симуляции при решении прямых и обратных задач профилирования, определения размеров срезаемых слоев, схем резания, применительно к гамме режущих инструментов: фасонных и стандартных червячных, дисковых и концевых фрез при обработке фасонных винтовых поверхностей деталей. Диссертация соответствует п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №8 42, и требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.5 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки».

Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствуют о личном вкладе автора диссертации в науку, что подтверждает соответствие диссертации требованиям п. 10 «Положения о порядке присуждения ученых степеней».

Все положения и выводы диссертации опубликованы в полном объеме в научных изданиях из перечня Министерства науки и высшего образования РФ, а

также в изданиях, индексируемых в наукометрической базе Scopus, представлены в виде устных докладов на авторитетных международных и всероссийских конференциях. Таким образом, требования к публикациям основных научных результатов, предусмотренных пунктами 11, 12 и 13 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», автором выполнены.

Диссертация содержит ссылки на источники заимствования материалов, а при использовании результатов научных работ, выполненных соискателем в соавторстве, на это имеются соответствующие указания в тексте диссертации. Таким образом, автором соблюден пункт 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней».

Диссертационная работа на тему: «Повышение эффективности инструмента при обработке сложнопрофильных, в том числе винтовых, поверхностей на базе цифровых технологий формообразования» содержит достаточно обоснованные выводы и рекомендации и в целом отвечает установленным требованиям, а ее автор Домнин Петр Валерьевич заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.5 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки».

Соискатель имеет 91 опубликованную работу, в том числе по теме диссертации опубликована 75 печатных работ (общий объем – 33,2 п.л., авторских – 17,55 п.л.), в том числе 32 работ (общий объем – 12,5 п.л., авторских – 6,45 п.л.) в журналах, входящих в перечень ВАК, и 10 статей (общий объем – 2,9 п.л., авторских – 0,93 п.л.) в иностранных журналах, входящих в индекс цитирования SCOPUS, получено 11 патентов РФ на изобретения и 3 патента РФ на полезные модели.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Домнин П.В.** Математическое моделирование винтовых поверхностей сверла в среде Mathcad // Вестник МГТУ Станкин. – 2021. – № 1 (56). – С. 106-110.
2. **Домнин П.В.** Исследование процесса формообразования цельных мелко модульных твёрдосплавных червячных фрез с помощью технологии электроэрозионной обработки // Вестник МГТУ Станкин. – 2021. – № 1 (56). – С. 95-100.

3. **Домнин П.В.** Определение схемы резания процесса обработки фасонных винтовых поверхностей инструментом стандартного профиля // Вестник МГТУ Станкин. – 2021. – № 3 (58). – С. 38-42.
4. **Домнин П.В.** Математическое моделирование профиля шлицевого вала с помощью средств математического программирования в среде Mathcad // Вестник МГТУ Станкин. – 2021. – № 3 (58). – С. 34-37.
5. **Домнин П.В.** Модель формы режущих кромок специальных червячных фрез для обработки фасонных винтовых поверхностей // Справочник. Инженерный журнал с приложением. – 2021. – № 11 (296). – С. 38-42.
6. **Домнин П.В.** Формирование фасонных винтовых поверхностей стандартными концевыми и торцевыми фрезами // Главный механик. – 2013. – № 11. – С. 39-46.
7. Петухов Ю.Е., **Домнин П.В.**, Сяочуан Ч. Математическая модель определения профиля червячных фрез // Вестник машиностроения. – 2020. – № 1. – С. 10-13.
8. Петухов Ю.Е., **Домнин П.В.**, Желтиков С.А. Исследование процесса изготовления часовых твёрдосплавных червячных фрез с применением электроэрозионной обработки // СТИН. – 2021. – № 7. – С. 4-6.
9. Петухов Ю.Е., **Домнин П.В.** Численный метод профилирования инструментов, работающих по методу обкатки // СТИН. – 2019. – № 8. – С. 22-24.
10. Петухов Ю.Е., **Домнин П.В.**, Чжэн С. Профилирование червячных фрез численным методом // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2017. – № 8-2. – С. 341-347.
11. Рябов Е.А., Петухов Ю.Е., Хисамутдинов Р.М., Юрасов С.Ю., Юрасов Ю.С., Кузнецов В.А., Исаев А.В., **Домнин П.В.** Выбор наладочного параметра для получения цилиндрического участка концевых сфероцилиндрических фрез на пятикоординатных станках // СТИН. – 2019. – № 8. – С. 20-22.
12. Петухов Ю.Е., **Домнин П.В.** Математическое моделирование винтовой канавки концевой фрезы с помощью средств математического программирования в среде Mathcad // Вестник МГТУ Станкин. – 2017. – № 4 (43). – С. 100-104.

13. Петухов Ю.Е., **Домнин П.В.** Математическая модель схемы резания при формообразовании фасонной винтовой канавки стандартными фрезами // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2016. – № 8-1. – С. 37-46.

14. Гречишников В.А., Петухов Ю.Е., Пивкин П.М., Исаев А.В., Романов В.Б., **Домнин П.В.** Точение деталей сложного профиля с обеспечением заданного микрорельефа поверхности // СТИН. – 2015. – № 8. – С. 13-16.

15. **Домнин П.В.**, Гарифуллин А.А. Изготовление твердосплавных червячных фрез средствами электроэрозионной обработки // Научная жизнь. – 2015. – № 3. – С. 39-45.

16. **Домнин П.В.**, Гарифуллин А.А. Изготовление твердосплавных мелко модульных червячных фрез путем электроэрозионной обработки // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2015. – № 3-4. – С. 3-10.

17. Колесов Н.В., **Домнин П.В.**, Завьялов С.С. Алгоритм расчета дискового инструмента для обработки винтовых поверхностей // СТИН. – 2014. – № 10. – С. 15-16.

18. Петухов Ю.Е., **Домнин П.В.** Определение задних кинематических углов при обработке винтовых фасонных поверхностей стандартными фрезами прямого профиля // Вестник МГТУ Станкин. – 2014. – № 2 (29). – С. 27-33.

19. **Домнин П.В.** Формирование фасонных винтовых поверхностей стандартными концевыми и торцевыми фрезами // Главный механик. – 2013. – № 11. – С. 39-46.

20. Гречишников В.А., **Домнин П.В.**, Косарев В.А., Петухов Ю.Е., Романов В.Б., Седов Б.Е. Современные методы решения задач формообразования сложного режущего инструмента // СТИН. – 2013. – № 12. – С. 6-11.

21. Петухов Ю.Е., **Домнин П.В.** Точность профилирования при обработке винтовой фасонной поверхности // СТИН. – 2011. – № 7. – С. 14-17.

22. Петухов Ю.Е., **Домнин П.В.** Способ формообразования фасонной винтовой поверхности стандартным инструментом прямого профиля // Вестник МГТУ Станкин. – 2011. – № 3 (15). – С. 102-106.

23. Петухов Ю.Е., **Домнин П.В.** Компьютерное моделирование обработки винтовой канавки на заготовке концевой фрезы // Известия МГТУ «МАМИ». – 2011. – № 2 (12). – С. 156-164.

24. Петухов Ю.Е., **Домнин П.В.** Решение обратной задачи профилирования на базе схемы численного метода заданных сечений // Справочник. Инженерный журнал. – 2011. – №11. – С. 26-29.

25. Petukhov Y.E., **Domnin P.V.**, Zheltikov S.A. Manufacture of hard-alloy hobs by electrical discharge machining // Russian Engineering Research. – 2021. – V. 41, Is. 10. – P. 936-938.

26. Petukhov Y.E., **Domnin P.V.** Determining worm-mill profiles // Russian Engineering Research. – 2020. – V.40. – P. 283-286.

27. Petukhov Y.E., **Domnin P.V.** Numerical shaping method for hobbing tools // Russian Engineering Research. – 2020. – V.40. – P.76-78.

28. Ryabov E.A., Petukhov Yu.E., Khisamutdinov R.M., Yurasov S.Yu., Yurasov Yu.S., Kuznetsov V.A., Isaev A.V., **Domnin P.V.** Fitting parameters in the cylindrical section of ball-end mills for five-coordinate machine tools // Russian Engineering Research. – 2020. – V.40. – P. 73-75.

29. Grechishnikov V.A., Petukhov Y.E., Romanov V.B., Isaev A.V., **Domnin P.V.**, Pivkin P.M. Improved precision of trapezoidal thread // Russian Engineering Research. – 2018. – V. 38, Is. 12. – P. 1018-1021.

30. Grechishnikov V.A., Petukhov Y.E., Pivkin P.M., Isaev A.V., Romanov V.B., **Domnin P.V.** Lathe turning of complex-shaped parts providing desired surface microrelief // Russian Engineering Research. – 2016. – V. 36, Is. 3. – P. 229-231.

31. Petukhov Y.E., **Domnin P.V.**, Rubets A.A. Nondestructive assessment of the cutting properties of wheels with a single-layer diamond-galvanic coating // Russian Engineering Research. – 2016. – V. 36, Is. 4. – P. 309-311.

32. Kolesov N.V., **Domnin P.V.**, Zavyalov S.S. Disk tool for machining helical surfaces // Russian Engineering Research. – 2015. – V. 35, Is.4. – P. 290-291.

33. Grechishnikov V.A., **Domnin P.V.**, Kosarev V.A., Petukhov Yu.E., Romanov V.B., Sedov B.E. Shaping by means of complex cutting tools // Russian Engineering Research. – 2014. – V. 34, Is.7. – P. 461-465.

34. Petukhov Y.E., **Domnin P.V.** Shaping precision in machining a screw surface // Russian Engineering Research. – 2011. – V. 31, Is. 10. – P. 1013-1015.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Акционерное общество «Московский машиностроительный завод «АВАНГАРД» (г. Москва). Отзыв подписал кандидат технических наук, заместитель главного технолога Ляпусов Сергей Геннадьевич.

2. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова» (г. Нальчик). Отзыв подписал доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология и оборудование автоматизированного производства» Яхутлов Мартин Мухамедович.

3. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Курганский государственный университет» (г. Курган). Отзыв подписал доктор технических наук, доцент, доцент кафедры «Машиностроение» Овсянников Виктор Евгеньевич.

4. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СиБАДИ)» (г. Омск). Отзыв подписала доктор технических наук, профессор, проректор по образовательной деятельности Кузнецова Виктория Николаевна.

5. Общество с ограниченной ответственностью «ПРОФИНТЕРТРЕЙД» (г. Домодедово). Отзыв подписал кандидат технических наук, инженер-конструктор Болбуков Василий Петрович.

6. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Липецкий государственный технический университет» (г. Липецк). Отзыв подписал доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология машиностроения» Козлов Александр Михайлович.

7. Акционерное общество «Институт технологии и организации производства» (г. Уфа). Отзыв подписал доктор технических наук, профессор, научный руководитель Юрьев Виктор Леонидович.

8. Акционерное общество «Ордена Трудового Красного Знамени и ордена труда ЧССР Опытное конструкторское бюро «ГИДРОПРЕСС» (г. Подольск). Отзыв подписал кандидат технических наук, начальник группы станков с ПУ и ПЭ Денисов Александр Сергеевич.

9. Акционерное общество «Резьбовые технологии» (г. Москва). Отзыв подписал главный инженер Каменецкий Леонид Исарьевич.

10. Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Альметьевский государственный нефтяной институт» (г. Альметьевск). Отзыв подписали доктор технических наук, доцент, проректор по научной работе Реченко Денис Сергеевич и кандидат технических наук, ведущий инженер научно-исследовательского отдела Каменов Ренат Уахитович.

11. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» (г. Иваново). Отзыв подписал Почетный работник науки и техники РФ, доктор технических наук, профессор кафедры «Пожарная безопасность объектов защиты» Наумов Александр Геннадьевич.

12. Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова» (г. Симферополь). Отзыв подписал кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии машиностроения Джемилов Эшреб Шефикович.

13. Публичное акционерное общество «Грязинский культиваторный завод» (г. Грязи). Отзыв подписал кандидат технических наук, генеральный директор Исаков Александр Игоревич.

14. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» (г. Уфа). Отзыв подписали доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автоматизация технологических процессов» Мунасыпов Рустэм Анварович и кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Автоматизация технологических процессов» Латыпов Рашид Рафгатович.

15. Акционерное общество «Научно-производственное объединение «Техномаш» имени С.А. Афанасьева (г. Москва). Отзыв подписали доктор экономических наук, советника генерального директора Семенов Валерий Васильевич и доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела комплексного проектирования производственной системы и цифровой трансформации РКП Цырков Александр Владимирович.

Все отзывы положительные, но имеются замечания:

1. В автореферате отсутствует оценка экономической эффективности применения предложенных решений.

2. Было бы желательным на большем количестве примеров и подробнее изложить возможности разработанного способа построения схемы резания при обработке винтовых поверхностей инструментов, работающих по методу обкатки, а также указать ограничения данного способа.

3. Из текста автореферата неясно, возможно ли учитывать износ инструмента с предлагаемым профилем и как износ влияет на геометрию режущей части?

4. Из текста автореферата неясно, являются ли данные, представленные на рисунках 1 и 2 универсальными для всех инструментов данного класса или есть какие-либо ограничения (например, по инструментальному материалу, размерам и т.д.).

5. Осталось неясным, какие допущения приняты автором диссертации при моделировании и разработке решения прямой задачи профилирования червячных фрез для обработки винтовых фасонных поверхностей.

6. Приведенные схемы метода решения прямой и обратной задачи профилирования и схемы определения размеров срезаемого слоя недостаточно раскрыты, что ввиду их сложности и большого количества обозначений возможно вызвано ограничениями объема.

7. В названии диссертации акцентируется внимание на повышение эффективности инструмента. Однако не представлено экономического сравнения использования подхода к проектированию инструмента, что подтвердило бы его эффективность. Термин «повышение эффективности» – не очень удачный показатель для характеристики данной работы.

8. В основе цифровизации процесса проектирования автор использует матричный подход. Однако не представляет сравнения с методами, предлагаемыми другими исследователями, например, алгебру логики, R-функцию Рвачева В.Л.

9. Из автореферата неясно, каким образом представленная матричная формализация функциональных связей между факторами, показателями, табличными данными процесса формообразования винтовых поверхностей использована в последующих разделах диссертации, как способствовала решению задач и достижению целей исследования.

10. Из автореферата следует, что работа охватывает формообразование поверхностей деталей с различными формами образующих винтовых поверхностей, однако автор, в основном, приводит результаты исследований на примере винтовых канавок концевых фрез. Возможно, стоило представить более широкий спектр поверхностей, которые можно обрабатывать данным способом.

11. В автореферате недостаточно подробно раскрыт процесс формирования и применения единичных матриц инцидентий. Очевидно, что приведенные в автореферате матрицы не в полной мере описывают всю совокупность сложного процесса формообразования винтовых поверхностей инструментами, работающими по методу обкатки.

12. В автореферате работы демонстрируются трехмерные модели обработки винтовых канавок концевых фрез и шлицевых валов. Этим результатам

уделяется недостаточное внимание. так как подобные модели весьма интересны для машиностроительного производства.

13. Представленные автором результаты анализа изменения кинематических задних углов вдоль режущих кромок концевой и торцевой фрез при обработке винтовой фасонной поверхности демонстрируют на некоторых участках весьма неблагоприятные условия работы инструмента. Хотелось бы получить рекомендации, каким образом можно учесть эти результаты при проектировании инструмента для улучшения условий его работы?

14. Не совсем ясно, какие результаты были внедрены на предприятиях.

15. Производилось ли сравнение полученных в результате работы фрез с известными зарубежными аналогами?

16. Какое влияние на точность при изготовлении фрез оказывает изменение схемы фрезерования стружечных канавок, если после данной операции следует закалка, шлифование и затачивание?

17. В методологии и методах исследования указано, что при проведении исследований применялись языки программирования высокого уровня, в частности Delphi, однако в самой работе данный язык программирования больше нигде не упоминается, а математические модели реализуются только в среде математического моделирования MathCad.

18. В автореферате отсутствует информация о режимах резания, при которых проводилась обработка.

19. В работе рассматриваются процессы обработки деталей с винтовыми поверхностями различной формы, но в автореферате в основном демонстрируются результаты исследований на примере стружечных канавок концевых фрез.

20. Тема работы охватывает обработку деталей с различными профилями винтовых поверхностей, однако в автореферате в основном представлены результаты апробации разработанных моделей на примере формообразования винтовых канавок концевых фрез. Возможно, целесообразным было бы

представить и другие поверхности, которые можно обрабатывать дынным способом.

21. В автореферате не указано, из каких материалов изготовлены инструменты. Указано лишь – из быстрорежущей стали, твердого сплава (не указаны марки).

22. Первая задача в работе указывает на разработку режимов обработки, но в автореферате об этом ничего не сказано.

23. Из автореферата не ясно, как автором организован способ поиска огибающей семейства точек при решении прямых и обратных задач профилирования.

24. Из автореферата следует, что для разработки трехмерных симуляционных моделей автор использует пакет T-FLEX, однако не приводит сведений о возможности реализации своих методов в других САД-системах.

Остальные замечания (ФГБОУ ВО «СибАДИ», ЛГТУ, Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, ГБОУ ВО РК КИПУ имени Февзи Якубова, ГКЗ (ПАО)) связаны либо с неточностью формулировок, либо носят редакционный или рекомендательный характер и будут учтены в дальнейшей работе.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их высоким профессионализмом в области инструментального обеспечения машиностроительного производства и процессов механической обработки материалов, имеющихся научных публикациях в данном направлении исследований, а ведущей организации – способностью определить и оценить научную новизну и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан унифицированный подход к формированию алгоритмов решения задач профилирования при обработке фасонных, в том числе винтовых, поверхностей для случаев применения инструментов широкой номенклатуры,

позволяющий повысить производительность, точность и снизить затраты на технологическую подготовку производства;

предложен инновационный подход к решению задач профилирования червячных фрез, позволяющий проектировать инструмент с заданной точностью, производить расчет, минуя этап определения профиля сопряженной с деталью косозубой рейки, что открывает возможности применения червячных фрез для обработки винтовых поверхностей произвольного профиля взамен дискового инструмента с соответствующим повышением производительности;

доказано наличие неизвестных ранее связей между размерами и формой профиля винтовой поверхности, формой профиля инструмента червячного и цилиндрического типа, кинематикой процесса формообразования, параметрами установки, числом заходов и режимами обработки при обработке винтовых фасонных поверхностей для решения прямых и обратных задач профилирования.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения и методики, которые вносят существенный вклад в расширение представлений о подходах к решению задач профилирования при формообразовании фасонных, в том числе винтовых, поверхностей инструментами червячного, дискового, цилиндрического и торцевого типа;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован комплекс существующих базовых методов исследований в области трехмерного и математического моделирования, в том числе с применением численных математических методов и методов аналитической геометрии, комплекс экспериментальных методик в области лезвийной механической обработки металлов, а также комплекс общепринятых современных контрольно-измерительных методик с применением высокоточных автоматизированных средств контроля;

изложена унифицированная структура проектирования специальных режущих инструментов, сформированная на основе установленных взаимосвязей и включающая расчетные схемы и математические модели, компьютерные

симуляции при решении прямых и обратных задач профилирования, определения размеров срезаемых слоев, схем резания, применительно к широкой гамме режущих инструментов (фасонных и стандартных червячных, дисковых и концевых фрез) при обработке фасонных винтовых поверхностей деталей;

раскрыты существенные проявления разработанной теории в сформированных математических моделях и компьютерных симуляциях, позволяющих определять размеры срезаемых слоев, на основе формирования траекторий движения двух соседних зубьев инструмента, которые позволяют оценить изменение кинематических задних углов вдоль режущих кромок на всех стадиях процесса формообразования;

изучены взаимосвязи между профилем исходной инструментальной поверхности, параметрами установки, режимами резания, конструкцией инструмента и кинематикой процесса формообразования фасонных винтовых поверхностей, которые позволили реализовать параметрические трехмерные симуляционные модели процессов обработки винтовых поверхностей в среде трехмерного параметрического моделирования T-flex CAD 3D.

Значение полученных соискателем результатов исследований для практики подтверждаются тем, что:

разработаны и внедрены результаты проектирования сложнопрофильного режущего инструмента (червячных фрез) для обработки неэвольвентных зубчатых колес с зубьями специального профиля на отечественных предприятиях машиностроительной отрасли ООО «Часовое производство «Полет-Хронос» и ООО «Заря-Инструмент», для обработки винтовых стружечных канавок концевых фрез на предприятиях инструментальной промышленности ООО «Инструмент» и ПАО «МИЗ», а также способ фрезерования фасонных винтовых канавок инструментов стандартными концевыми и торцевыми фрезами за счет специальной их установки относительно заготовки на ОАО «Станкоагрегат»;

определены перспективы практического использования разработанных методов профилирования, методов построения схем резания и определения кинематических задних углов на практике в виде модульных систем

автоматизированного проектирования инструментов, которые включают расчетные и графические подсистемы, а также симуляционные модели обработки;

приведены рекомендации по математическому и трехмерному моделированию для решения прямых и обратных задач профилирования червячных фрез, позволяющие производить исследование влияния кинематики процесса, параметров установки, числа зубьев, числа заходов, подачи на полученные решения с целью повышения точности, производительности и поиска наиболее технологичных решений;

созданы математические модели процессов формообразования фасонных (в том числе винтовых) поверхностей в рамках решения обратной задачи профилирования, позволяющие производить симуляцию процесса обработки дисковыми фасонными фрезами, инструментами на базе цилиндрической и торцевой исходной инструментальной поверхности (концевые и торцевые фрезы), инструментами, работающими по методу обкатки, с учетом конструктивных особенностей инструментов, параметров установки и режимов их работы и автоматизации технологической подготовки производства;

представлены рекомендации по реализации математических моделей для решения прямых и обратных задач профилирования при формообразовании фасонных винтовых поверхностей в среде графического трехмерного моделирования T-flex CAD 3D, что способствует минимизации затрат на подготовку производства деталей с периодическими фасонными (в том числе винтовыми) поверхностями.

Оценка достоверности результатов исследований выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на современном сертифицированном и проверенном контрольно-измерительном оборудовании (Leitz PMM X1, GLOBAL EVO, Walter Helicheck Pro+) с использованием общепринятых стандартизованных методик, математическое моделирование проведено с использованием лицензионного программного обеспечения Delphy, Mathcad, T-flex CAD, Curve Analyzer, показана согласованность результатов профилирования, математического и трехмерного моделирования и результатов

обработки различных деталей, которая производилась в лабораторных условиях и в производственных условиях на ведущих отечественных предприятиях машиностроительной отрасли;

теория основана на использовании общепринятых основных положений теории проектирования режущих инструментов для обработки фасонных винтовых поверхностей, общих принципах решения задач профилирования и известных подходах к анализу данных, алгоритмизации, известных численных математических приемах и методах (теория полностью согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации);

идея базируется на обобщении передового опыта и использовании фундаментальных положений теории формообразования, теории резания, на фундаментальных положениях математики, геометрии и стереометрии;

использованы данные из трудов отечественных и зарубежных ученых в таких областях, как теория резания, проектирование режущего инструмента, сложные процессы формообразования, профилирование, зубообработка, автоматизация процессов проектирования инструментальной техники;

установлено, что полученные в результате экспериментальных исследований образцы соответствует расчетному профилю в рамках той точности, которая требуется международными и государственными стандартами, что подтверждает корректность разработанных математических моделей и обеспечивает возможность практического использования полученных зависимостей и алгоритмов при проектировании инструмента и технологической подготовке производства;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации в области контрольно-измерительных операций производимых, в рамках экспериментальных исследований и промышленной апробации, как над инструментальными объектами, так и над производимыми деталями, с целью установления соответствия формы обработанных поверхностей изделий расчетным параметрам в рамках допустимых отклонений.

Личный вклад соискателя состоит в формулировании цели и задач исследования, выборе и обосновании использованных методов и средств исследований, в систематизации научно-технической информации по теме исследования с использованием отечественных и зарубежных источников, в разработке расчетных схем, алгоритмов, математических моделей, компьютерных симуляционных моделей, в проведении теоретических и экспериментальных исследований, в разработке нового унифицированного подхода, позволяющего программными средствами и в современных САД-системах реализовывать модели, решающие прямые и обратные задачи профилирования для широкой гаммы режущих инструментов при обработке фасонных винтовых поверхностей деталей с заданной точностью, в обработке экспериментальных данных и анализе результатов, формулировке выводов и положений, выносимых на защиту, в апробации новых методов решения задач профилирования, а также подготовке публикаций по результатам выполненных исследований и патентовании новых технических решений.

В ходе защиты диссертации не были высказаны существенные критические замечания.

Соискатель Домнин Петр Валерьевич ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, привел убедительную аргументацию и согласился с некоторыми замечаниями.

На заседании 6 июня 2023 года диссертационный совет за решение научной проблемы, имеющей важное хозяйственное значение для отрасли машиностроения в областях механической обработки, инструментального производства, заключающейся в разработке унифицированной структуры проектирования гаммы режущих инструментов: фасонных и стандартных червячных, дисковых и концевых фрез – при обработке фасонных винтовых поверхностей деталей, принял решение присудить Домнину Петру Валерьевичу ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человек, из них 7 докторов наук по специальности 2.5.5, участвовавших в

заседании, из 28 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: «за» – 20, «против» – 0, «недействительных бюллетеней» – 1.

Заместитель председателя
диссертационного совета

 Владимир Андреевич Гречишников

Ученый секретарь
диссертационного совета

 Екатерина Сергеевна Сотова



«6» июня 2023 г.

