

**РЕШЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА УрФУ 05.09.24  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК**

от «22» февраля 2022 г. № 2

о присуждении Уколову Станиславу Сергеевичу, гражданство Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка алгоритмов оптимальной маршрутизации инструмента для САПР управляющих программ машин листовой резки с ЧПУ» по специальности 05.13.12 – Системы автоматизации проектирования (промышленность) принята к защите диссертационным советом УрФУ 05.09.24 «17» января 2022 г. протокол № 1.

Соискатель, Уколов Станислав Сергеевич, 1971 года рождения, в 1992 году окончил Уральский ордена Трудового Красного Знамени политехнический институт им. С. М. Кирова по специальности «Экспериментальная ядерная физика»;

в 2020 году окончил очную аспирантуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по направлению подготовки 09.06.01 Информатика и вычислительная техника (Системы автоматизации проектирования);

работает в должности ведущего программиста кафедры «Информационные технологии и автоматизация проектирования» Института новых материалов и технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

Диссертация выполнена на кафедре «Информационные технологии и автоматизация проектирования» Института новых материалов и технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент, Петунин Александр Александрович, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный

университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Институт новых материалов и технологий, кафедра «Информационные технологии и автоматизация проектирования», профессор.

Официальные оппоненты:

**Верхотуров Михаил Александрович** – доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа, кафедра информатики, заведующий кафедрой;

**Коновалов Анатолий Владимирович** – доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения имени Э.С. Горкунова Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, лаборатория механики деформаций, заведующий лабораторией;

**Ложников Павел Сергеевич** – доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный технический университет», г. Омск, кафедра комплексной защиты информации, заведующий кафедрой

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 18 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 18 работ, из них 9 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ, включая 8 статей в изданиях, входящих в международные базы цитирования Scopus и Web of Science. Общий объем опубликованных работ по теме диссертации – 7,26 п.л., авторский вклад – 1,93 п.л.

Основные публикации по теме диссертации:

*статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ:*

1. Khachay M. Problem-Specific Branch-and-Bound Algorithms for the Precedence Constrained Generalized Traveling Salesman Problem / M. Khachay, S. Ukolov, A. Petunin // Optimization and Applications. Т. 13078 / под ред. N. Olenev

- [и др.]. — Cham, Switzerland : Springer Nature Switzerland AG, 2021. — P. 136—148. — (Lecture Notes in Computer Science). — (0.8 п.л. / 0.27 п.л.) (Scopus).
2. Petunin A. Library of Sample Image Instances for the Cutting Path Problem / A. Petunin, A. Khalyavka, M. Khachay, A. Kudriavtsev, P. Chentsov, E. Polishchuk, **S. Ukolov** // Pattern Recognition. ICPR International Workshops and Challenges, 2021, Proceedings. — Berlin, Germany : Springer, 2021. — P. 227—233. — (0.5 п.л. / 0.07 п.л.) (Scopus).
3. Petunin A. A Novel Algorithm for Construction of the Shortest Path Between a Finite Set of Nonintersecting Contours on the Plane / A. Petunin, E. Polishchuk, **S. Ukolov** // Advances in Optimization and Applications. — Cham, Switzerland : Springer, 2021. — P. 70—83. — (0.9 п.л. / 0.3 п.л.) (Scopus).
4. Петунин А. А. Новый алгоритм построения кратчайшего пути обхода конечного множества непересекающихся контуров на плоскости / А. А. Петунин, Е. Г. Полищук, **С. С. Уколов** // Известия ЮФУ. Технические науки. — 2021. — № 1. — С. 149—164. — (1.0 п.л. / 0.3 п.л.)
5. Petunin A. A. Optimum routing algorithms for control programs design in the CAM systems for CNC sheet cutting machines / A. A. Petunin, P. A. Chentsov, E. G. Polishchuk, **S. S. Ukolov**, V. V. Martynov // Proceedings of the X All-Russian Conference «Actual Problems of Applied Mathematics and Mechanics» with International Participation, Dedicated to the Memory of Academician A.F. Sidorov and 100th Anniversary of UrFU: AFSID-2020. — American Institute of Physics Inc., 2020. — P. 020005. — (0.5 п.л. / 0.1 п.л.) (Scopus).
6. Petunin A. A. The thermal deformation reducing in sheet metal at manufacturing parts by CNC cutting machines / A. A. Petunin, E. G. Polyshuk, P. A. Chentsov, **S. S. Ukolov**, V. I. Krotov // IOP Publishing. — 2020. — Vol. 613. — P. 012041. — (0.5 п.л. / 0.1 п.л.) (WoS, Scopus).
7. Petunin A. A. On the new Algorithm for Solving Continuous Cutting Problem / A. A. Petunin, E. G. Polishchuk, **S. S. Ukolov** // IFAC-PapersOnLine. — 2019. — Vol. 52, no 13. — P. 2320—2325. — (0.9 п.л. / 0.3 п.л.) (WoS, Scopus).
8. Tavaeva A. A Cost Minimizing at Laser Cutting of Sheet Parts on CNC Machines / A. Tavaeva, A. Petunin, **S. Ukolov**, V. Krotov // Mathematical

Optimization Theory and Operations Research. — Cham, Switzerland : Springer, 2019. — P. 422—437. — (0.16 п.л. / 0.04 п.л.) (Scopus).

9. Petunin A. A. About some types of constraints in problems of routing / A. A. Petunin, E. G. Polishuk, A. G. Chentsov, P. A. Chentsov, S. S. Ukolov // AIP Conference Proceedings. — 2016. — Vol. 1789, no 1. — С. 060002. — (0.9 п.л. / 0.18 п.л.) (WoS, Scopus).

На автореферат поступили отзывы:

1. **Ченцова Александра Георгиевича**, доктора физико-математических наук, члена-корреспондента РАН, главного научного сотрудника ФГБУН Институт математики и механики им. Н. Н. Красовского Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург. Без замечаний.

2. **Захаровой Галины Борисовны**, кандидата технических наук, доцента, ведущего научного сотрудника научно-исследовательской части ФГБОУ ВО «Уральский государственный архитектурно-художественный университет», г. Екатеринбург. Содержит два вопроса о применении задачи коммивояжера и сокращении времени счета за счет ограничений предшествования, и замечание, касающееся сравнения быстродействия алгоритмов.

3. **Мельникова Андрея Витальевича**, доктора технических наук, профессора, директора АО ХМАО – Югры «Югорский научно-исследовательский институт информационных технологий», г. Ханты-Мансийск. Содержит два замечания по поводу технологических ограничений термической резки и сравнения производительности алгоритма с разработанным ранее.

4. **Таваевой Анастасии Фидагилевны**, кандидата технических наук, главного специалиста АО «Производственное объединение «Уральский оптико-механический завод» имени Э. С. Яламова», г. Екатеринбург. Содержит вопрос о сравнительной производительности разработанных алгоритмов и два замечания об отсутствии сведений о быстродействии для одного из алгоритмов и влиянии фактора вложенности.

5. **Мартынова Виталия Владимировича**, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой экономической информатики ФГБОУ ВО

«Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа. Содержит три замечания по поводу описания программной реализации алгоритмов, оформлению автореферата и формулировке задач исследования и его результатов.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их компетентностью и известностью в области разработки систем автоматизированного проектирования, наличием публикаций в ведущих рецензируемых изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные разработки точного алгоритма построения решения и нижней оценки для обобщенной задачи коммивояжера с ограничениями предшествования, эвристического алгоритма решения задачи непрерывной резки, схемы информационного обмена и методики использования разработанных алгоритмов в системах автоматизированного проектирования управляющих программ для машин листовой резки с ЧПУ, обеспечивающие существенное повышение эффективности технологических процессов раскройно-заготовительного производства в машиностроении и других отраслях промышленности и имеющие существенное значение для развития страны.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Разработан алгоритм ветвей и границ для обобщенной задачи коммивояжера с ограничениями предшествования PCGTSP, позволяющий строить нижние оценки для решений указанной задачи. Этот алгоритм способен находить точные решения для задач значительно большей размерности, чем известные алгоритмы (до  $\approx 150$  кластеров в зависимости от уровня вложенности), а также оценивать точность получаемых приближенных решений.

2. Разработаны алгоритм поиска точек врезки в контуры, не использующий механизм дискретизации контуров, а также алгоритм выбора последовательности резки контуров на основе метода переменных окрестностей,

совместно решающие задачи непрерывной резки CCP (Continuous Cutting Problem) и SCCP (Segment Continuous Cutting Problem).

3. Разработаны способы использования ограничений предшествования для уменьшения вычислительной сложности алгоритмов оптимальной маршрутизации, как в моделях дискретной, так и непрерывной оптимизации.

4. Разработанные вычислительные оптимизационные алгоритмы вместе с другими алгоритмами и математическими моделями, применяемыми в созданной подсистеме САПР для автоматического проектирования инструмента машин листовой резки, могут использоваться при решении различных классов задач оптимальной маршрутизации, включая задачи обобщенной сегментной резки (Generalized SCCP) и интегрированную задачу раскроя и маршрутизации (Integrated Nesting and Routing Problem).

Значение диссертационной работы для практики заключается в том, что:

1. Разработанные алгоритмы могут применяться для проектирования маршрута инструмента машин листовой резки с ЧПУ в автоматическом режиме, в том числе и при применении нестандартных техник резки.

2. Использование непрерывных моделей оптимизации позволяет уменьшить длину холостого хода инструмента (в некоторых случаях — до 10%) по сравнению с используемыми в настоящее время дискретными моделями.

3. Разработанные схемы информационного обмена, форматы файлов и методика использования алгоритмов оптимальной маршрутизации инструмента позволяют интегрировать разработанное программное обеспечение в существующие российские САПР «Сириус» и «Т-Flex», а также обеспечивают эффективное тестирование новых оптимизационных алгоритмов.

Результаты исследования используются в образовательном процессе ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» при выполнении практических работ на кафедре информационных технологий и автоматизации проектирования по дисциплинам «Автоматизация проектирования раскройно-заготовительного производства», «Автоматизация конструкторского и технологического проектирования» при подготовке бакалавров по направлениям 09.03.02 «Информационные системы и технологии» и 15.03.01 «Машиностроение».

На заседании 22 января 2022 г. диссертационный совет УрФУ 05.09.24 принял решение присудить Уколову С.С. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет УрФУ 05.09.24 в количестве 9 человек, из них 9 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 12 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 9, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя  
диссертационного совета  
УрФУ 05.09.24



Ученый секретарь  
диссертационного совета  
УрФУ 05.09.24

Сесекин Александр Николаевич

Огородникова Ольга Михайловна

22.02.2022 г.