

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.332.01

созданного на базе Федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

Министерства науки и высшего образования Российской Федерации,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 25 декабря 2025 г. № 32

О присуждении Шмакову Илье Михайловичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени **кандидата технических наук**.

Диссертация на тему «Повышение функциональных свойств ответственных изделий машиностроения на основе применения усовершенствованной технологии подготовки их поверхности с последующим осаждением покрытий» по специальности 2.5.5 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» принята к защите 23 октября 2025 г., протокол № 24, диссертационным советом 24.2.332.01, созданным на базе ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 127055, г. Москва, Вадковский переулок, д. 3а, приказом от 01.04.2013 г. № 156/нк.

Соискатель, Шмаков Илья Михайлович, 1999 года рождения, в 2023 году окончил федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский государственный университет», г. Тюмень, Минобрнауки России по направлению 04.04.01 «Химия» с присвоением квалификации МАГИСТР.

В июне 2025 года был прикреплен к аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН». Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в сентябре 2025 года ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН».

В период подготовки диссертации соискатель Шмаков Илья Михайлович работает лаборантом химического анализа 4 разряда Лаборатории производственно-экологического мониторинга и контроля Инженерно-технического центра общества с ограниченной ответственностью «Газпром добыча Уренгой» (с октября 2023 г. по настоящее время), а также младшим научным сотрудником кафедры высокоэффективных технологий обработки федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН» (с июня 2025 г. по настоящее время).

Работа выполнена на кафедре высокоэффективных технологий обработки федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», г. Москва.

Научный руководитель – Верещака Алексей Анатольевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры высокоэффективных технологий обработки федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», г. Москва.

Официальные оппоненты:

Артамонов Евгений Владимирович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры станков и инструментов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский индустриальный университет», г. Тюмень.

Саблин Павел Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Машиностроение» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет», г. Комсомольск-на-Амуре.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», г. Санкт-Петербург, в своем положительном отзыве, подписанном Жуковым Иваном Алексеевичем, доктором технических наук, доцентом, заведующим кафедрой машиностроения, и

Филипенко Ириной Анатольевной, кандидатом технических наук, секретарем заседания, ассистентом той же кафедры, и утверждён Рудаковым Маратом Леонидовичем, доктором технических наук, профессором, первым проректором, указала, что диссертация Шмакова Ильи Михайловича на тему «Повышение функциональных свойств ответственных изделий машиностроения на основе применения усовершенствованной технологии подготовки их поверхности с последующим осаждением покрытий» является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные результаты, имеющие важное значение при разработке технологии и оборудования механической и физико-технической обработки.

Диссертация Шмакова Ильи Михайловича «Повышение функциональных свойств ответственных изделий машиностроения на основе применения усовершенствованной технологии подготовки их поверхности с последующим осаждением покрытий» соответствует требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (с изменениями, внесенными Постановлением Правительства РФ от 16.10.2024 г. № 15), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор, Шмаков Илья Михайлович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки)».

Соискатель имеет 10 опубликованных работ по теме диссертации (общий объём – 105 с., авторских – 23 с.), из них 4 статьи (общий объём – 43 с., авторских – 9 с.) в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, 4 статьи (общий объём – 43 с., авторских – 9 с.) в изданиях из базы цитирований Scopus и Web of Science.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Верещака, А.А. Исследование структуры и фазового состава микрочастиц сферической формы, формирующихся в процессе осаждения PVD покрытий / А.А. Верещака, Н.С. Баранова, **И.М. Шмаков**, Е.С. Сотова // Вестник МГТУ «СТАНКИН». – 2024. – № 2(69). – С. 40–52.

2. Верещака, А.А. Исследование структуры и фазового состава микрочастиц, формирующихся в процессе осаждения PVD покрытий, и их влияния на условия резания / А.А. Верещака, Н.С. Баранова, **И.М. Шмаков** // Вестник МГТУ «СТАНКИН». – 2024. – № 3(70). – С. 8–14.

3. Верещака, А.А. Повышение износостойкости деталей из титановых сплавов путем осаждения на их рабочие поверхности покрытий DLC / А.А. Верещака, С.В. Федоров, Е.С. Сотова, К.М. Макаревич, **И.М. Шмаков**, П.Ю. Потапов // Вестник МГТУ «СТАНКИН». – 2025. – № 2(73). – С. 36–47.

4. Верещака, А.А. Особенности ионной очистки и термоактивации поверхности твердосплавного субстрата перед осаждением износостойких покрытий / А.А. Верещака, Ю.И. Бубликов, **И.М. Шмаков**, Е.С. Сотова, П.Ю. Потапов // Вестник МГТУ «СТАНКИН». – 2025. – № 3(74) – С. 41–55.

5. Grigoriev, S. A Study of the Features of Coating Deposition on a Carbide Substrate Using Preliminary Etching with Glow-Discharge Plasma / Sergey Grigoriev, Marina Volosova, Yuri Bublikov, Catherine Sotova, Filipp Milovich, Anton Seleznev, **Ilya Shmakov**, Alexey Vereschaka // Surfaces. – 2024. – V. 7. – P. 920–937.

6. Sotova, C. Features of the Influence of the Arrangement of Parts in the Chamber of Installation During Vacuum Arc Deposition on the Properties of Coatings / Catherine Sotova, Marina Volosova, Alexey Vereschaka, Yuri Bublikov, Filipp Milovich, Anton Seleznev, **Ilya Shmakov**, Sergey Grigoriev // Applied Sciences. – 2024. – V. 14. – Art. No 10634.

7. Bublikov, Y. The influence of etching in a glow discharge plasma on the properties of wear-resistant coatings for metal-cutting tools / Yuri Bublikov, Alexey Vereschaka, Catherine Sotova, **Ilya Shmakov** // High Temperature Material Processes. – 2025. – V. 29(1). – P. 43–52.

8. Vereschaka, A. The use of coatings with a nanolayer structure with constant and varying modulation periods to increase the wear resistance of cutting tools when turning a titanium alloy / Alexey Vereschaka, Natalia Baranova, Catherine Sotova, **Ilya Shmakov** // High Temperature Material Processes. – 2025. – V. 29(4). – P. 35–46.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет

имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (г. Москва). Отзыв подписал кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологий машиностроения Зайцев Александр Вячеславович.

2. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта» (г. Москва). Отзыв подписал доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава» Куликов Михаил Юрьевич.

3. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» (г. Москва). Отзыв подписал доктор технических наук, профессор, профессор кафедры функциональных наносистем и высокотемпературных материалов Блинков Игорь Викторович.

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

5. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный технический университет» (г. Ульяновск). Отзыв подписал доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Инновационные технологии в машиностроении» Табаков Владимир Петрович.

6. Белорусский государственный университет (г. Минск). Отзыв подписал кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики твердого тела и нанотехнологий Черенда Николай Николаевич.

7. Федеральное государственное автономное учреждение науки Институт конструкторско-технологической информатики Российской академии наук (г. Москва). Отзыв подписал доктор технических наук, директор Шептунов Сергей Александрович.

8. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева» (г. Рыбинск). Отзыв подписал доктор технических наук, профессор, профессор кафедры инновационного машиностроения Рыкунов Александр Николаевич.

9. Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (г. Минск). Отзыв подписал кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики Солодухин Игорь Анатольевич.

Все отзывы положительные, но имеются замечания:

1. К сожалению, в автореферате отсутствуют данные о физико-механических свойствах (твёрдость, модуль, упругости, параметры H/E и H^3/E^2 , коэффициент трения) покрытий, сформированных на субстратах после разрабатываемого автором способа очистки и активирования поверхности. Эти данные позволили бы диссертанту сформулировать возможную причину увеличения износостойкости покрытий Ti-TiN на 30–50 % относительно образцов, прошедших традиционную обработку в плазме вакуумно-дугового разряда.

2. Автор пишет об увеличении на 20...35 % прочности интерфейса между субстратом и осаждаемым вакуумно-плазменным покрытием после проведения предлагаемого способа очистки и активирования поверхности. Вместе с тем, в автореферате я не нашёл экспериментальные данные, подтверждающие этот вывод. Хотелось бы понять, с чем автор связывает наблюдаемый эффект улучшения адгезионной прочности покрытия с основой?

3. Применение метода очистки и нагрева плазмой тлеющего разряда рассматривается соискателем с использованием трех различных величин напряжения смещения подложки, при этом используемый для сравнения метод ионного травления рассматривается только с одним набором параметров. Было бы полезно и целесообразно рассматривать также несколько различных значений параметров (например, тока дуги катода или напряжения смещения подложки) для данного метода.

4. Было бы полезно сравнить эффективность применения очистки и нагрева плазмой тлеющего разряда для различных типов твердого сплава (одно- двух- и трех-карбидных).

5. Кроме влияния величины напряжения смещения подложки было бы полезно рассмотреть также влияние давления газа.

6. Для дополнительного подтверждения выводов работы было бы полезно расширить номенклатуру исследуемых материалов, выбирая металлы и сплавы с максимальным разбросом значений электропроводности и теплопроводности.

7. В работе не исследуется такой важный показатель эффективности покрытий, как ударная вязкость.

8. Отсутствуют сформулированные границы применимости работы. Например, будет ли наблюдаться повышенная адгезия покрытия с основой при использовании разных видов СОТС, или в условиях чистового резания, когда радиус округления инструмента зачастую превышает толщину среза, что приводит к изменению всей системы действующих сил в зоне резания?

9. При исследовании сравнительных режущих свойств инструментов автор не приводит данные о времени нарушения сплошности покрытий и динамики их дальнейшего разрушения. В частности, нет данных о влиянии предложенной технологии на величину и время приработочного износа, что важно при резании труднообрабатываемых хромоникелевых сплавов.

10. Автор представил результаты исследования изменения элементного состава поверхностных слоёв субстрата в результате обработки; при этом было бы целесообразно исследовать также изменения в фазовом составе, так как имеет место имплантация в поверхностные слои при высокой энергии ионов, что может приводить к изменениям в фазовом составе, а, соответственно, и к изменению механических свойств.

Остальные замечания связаны либо с неточностью формулировок, либо носят редакционный или рекомендательный характер и будут учтены в дальнейшей работе (МГТУ им. Н.Э. Баумана, РУТ(МИИТ), МИСиС, АО «Резьбовые технологии», ИКТИ РАН, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники).

Выбор официальных оппонентов основан на их высоком профессионализме в области технологии и оборудования для механической и физико-технической обработки, научных публикациях в данном направлении исследований, а ведущей организации – способностью оценить научную новизну и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая экспериментальная методика подготовки поверхности субстрата перед осаждением покрытий, позволившая установить закономерности влияния параметров процесса очистки и термоактивации поверхности субстратов плазмой тлеющего разряда с реализацией эффекта полого катода на характеристики осаждаемых в последующем вакуумно-плазменных покрытий и износостойкость образцов с покрытиями в условиях механических нагрузок и коррозионного воздействия;

предложены оригинальные суждения о качественном влиянии процессов очистки и термоактивации поверхности субстратов (плазмой вакуумно-дугового разряда и плазмой тлеющего разряда с реализацией эффекта полого катода) на состояние поверхностного слоя и прочность интерфейса (адгезионную прочность) между субстратом и осаждаемым вакуумно-плазменным покрытием;

доказано наличие взаимосвязей между свойствами материала субстрата и параметрами процесса очистки и термоактивации плазмой тлеющего разряда с реализацией эффекта полого катода, а также обоснован выбор параметров, обеспечивающих наилучшую адгезионную прочность между вакуумно-плазменным покрытием и субстратом.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы положения теории резания материалов, современных методов металлографического и металлофизического анализов, а также методов статистического анализа результатов экспериментальных исследований;

раскрыты закономерности влияния параметров процесса очистки и термоактивации поверхности субстратов плазмой тлеющего разряда с реализацией эффекта полого катода на характеристики осаждаемых в последующем покрытий и износостойкость образцов с покрытиями в условиях механических нагрузок и коррозионного воздействия;

изучено влияние свойств материала субстрата и параметров процесса очистки и термоактивации плазмой тлеющего разряда с реализацией эффекта полого катода на состояние поверхностного слоя и прочность интерфейса между субстратом и осаждаемыми покрытиями.

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

разработаны и внедрены в АО «Резьбовые технологии» усовершенствованная технология подготовки (очистки и термоактивации) поверхности субстратов с использованием плазмы тлеющего разряда с реализацией эффекта полого катода с удержанием плазмы прикатодным потенциалом и последующим осаждением вакуумно-плазменных покрытий, что позволило повысить производительность обработки резьб на деталях из труднообрабатываемых сталей в среднем на 25–30 %;

представлены рекомендации по практическому применению усовершенствованной технологии подготовки поверхности субстратов с использованием плазмы тлеющего разряда с эффектом полого катода и выбору рациональных режимов обработки для различных материалов (твердого сплава, титановых и алюминиевых сплавов, нержавеющей стали), обеспечивающих наилучшие функциональные свойства осаждаемых в последующем покрытий;

создана совокупность технологических рекомендаций, позволяющая повысить износостойкость изделий (режущих пластин); результаты испытаний твердосплавных режущих пластин с покрытиями на Jiangsu Tiangong Cemented Carbide Technology Co. Ltd. (КНР), специализирующейся на производстве твердосплавных инструментов для металлообработки, продемонстрировали более высокую износостойкость образцов, обработанных в соответствии с предложенной усовершенствованной технологией очистки и термоактивации поверхности, в сравнении с образцами, изготовленными с использованием традиционной производственной технологией.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ достоверность результатов обеспечивается использованием современного станочного и сертифицированного измерительного оборудования, корректной обработкой результатов эксперимента, использованием современных методов металлографического и металлофизического анализов, корректной обработкой результатов экспериментальных исследований на основе методов математической статистики;

идея базируется на обобщении передового опыта повышения эксплуатационных свойств металлорежущего инструмента и деталей типа «пара трения», а также разработки современных износостойких покрытий;

установлено, что рационально подобранные параметры процесса очистки и термоактивации поверхности субстратов плазмой тлеющего разряда с реализацией эффекта полого катода позволяют повысить износостойкость образцов с покрытиями в условиях резания, механических нагрузок и коррозионного воздействия;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации и планирования экспериментальных исследований, включающие составление эмпирических зависимостей и проверку их адекватности статистическими методами.

Личный вклад соискателя состоит в формулировании цели и задач исследования, выборе и обосновании использованных методов и средств исследования, в проведении обзора научно-технической информации по теме исследования в российской и зарубежной литературе, в проведении теоретических и экспериментальных исследований, в обработке, обобщении и анализе полученных результатов, формулировке выводов и положений, выносимых на защиту, а также в апробации теоретических и экспериментальных исследований и подготовке публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации не были высказаны принципиальные критические замечания.

Соискатель Шмаков Илья Михайлович ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, привел собственную аргументацию и согласилась с некоторыми замечаниями.

На заседании 25 декабря 2025 года диссертационный совет принял решение за научно-обоснованные технические и технологические решения и разработки, направленные на повышение функциональных свойств ответственных изделий машиностроения на основе применения усовершенствованной технологии подготовки их поверхности с последующим осаждением покрытий, имеющие

существенное значение для развития машиностроения страны, присудить Шмакову Илья Михайловичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 6 докторов наук по специальности 2.5.5, участвовавших в заседании, из 29 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: «за» – 19, «против» – 0, недействительных бюллетеней – 1.

Исполняющий обязанности
председателя (председательствующий)
диссертационного совета

Семен Романович Шехтман

Ученый секретарь
диссертационного совета

Екатерина Сергеевна Сотова

«25» декабря 2025 г.

