



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный
технологический институт
(технический университет)»
(СПбГТИ(ТУ))

Московский пр., д. 24-26/49 лит. А, г. Санкт-Петербург, 190013,
телефон/факс: (812) 494-92-03, общий отдел: (812) 494-92-45,
e-mail: office@spbti.ru

Председателю диссертационного
совета

24.2.276.01

ФГБОУ ВО «Белгородский
государственный технологический
университет им В.Г. Шухова», д.т.н.,
проф. Евтушенко Е.И.

308012, г. Белгород
ул. Костюкова, д.46,
БГТУ им. В.Г. Шухова

17.06.2026 № 1293-01-03

О направлении отзыва ведущей организации

Уважаемый Евгений Иванович!

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)» направляет отзыв ведущей организации по диссертации Рязановой Анастасии Юрьевны на тему «Разработка и коллоидно-химические свойства полиметилсилоксановой эмульсии для закалки стали», по специальности 1.4.10. Коллоидная химия, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Приложение:

1. Отзыв ведущей организации, 2 экз.

Ректор

Шевчик
А.П. Шевчик

«УТВЕРЖДАЮ»
Ректор Санкт-Петербургского
государственного
технологического института
(технического университета)

д.т.н., доцент

А.П. Шевчик

июня 2026 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Санкт-Петербургский государственный
технологический институт (технический университет)»
на диссертационную работу **Рязановой Анастасии Юрьевны**
на тему: **«Разработка и коллоидно-химические свойства полиметилси-
локсановой эмульсии для закалки стали»**, представленную
на соискание ученой степени кандидата технических наук
по научной специальности 1.4.10. Коллоидная химия

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Специалистами в области коллоидной химии различных научных школ России ведутся разработки по получению водных эмульсий на основе кремнийорганических жидкостей, подбора рецептурно-технологических параметров их получения, а также регулирования свойств и установления возможности применения в различных отраслях промышленности. Актуальность диссертационной работы обусловлена необходимостью разработки эффективных коллоидно-устойчивых эмульсионных систем типа «масла в воде» на основе силиконовых масел для металлообрабатывающего производства. Современные тенденции в области металлообработки направлены на улучшения процесса закалки улучшаемых сталей и контролирования физико-механических свойств как деталей, так и конструкций из стали. Среди закалочных сред особое внимания заслуживают составы на водополимерной основе, закалочная эмульсия на основе полиметилсилоксанового (ПМС) масла отличается способностью обеспечивать водоподобную интенсивность охлаждения в сочетании с мягким теплоотводом в высокотемпературном диапазоне, отсутствием термоизолирующей пленки на поверхности изделия, а также сниженной пожароопасностью и токсичностью процесса закалки стали.

В связи с чем, тема диссертационной работы Рязановой А.Ю. посвящена решению актуальной задачи по разработке и изучению коллоидно-химических свойств водной эмульсии ПМС масла как высокоэффективной и управляемой закалочной среды для термической обработки улучшаемых сталей, обеспечивающей равномерный теплоотвод и предотвращение структурных дефектов стали.

Работа выполнялась при финансовой поддержке в рамках реализации госу-

дарственных заданий Минобрнауки РФ № FZWN-2023-0006, № FZWN-2026-0005 и № FZWN-2026-0008.

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Диссертация Рязановой А.Ю. состоит из введения, основной части (четырёх глав), заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 153 страницах машинописного текста, включающего 15 таблиц, 34 рисунка, списка литературы из 135 источников, 6 приложений.

Материал диссертационной работы изложен логически последовательно и взаимосвязано. В завершении каждой главы приведены обобщенные результаты, в заключении представлены общие итоги и перспективы дальнейших исследований в изучаемой области.

Во *введении* приведены актуальность, цель и задачи исследования, научная новизна работы, отмечены теоретическая и практическая значимость, методология, основные положения, выносимые на защиту, показана степень достоверности полученных результатов, приведены данные по внедрению и апробации.

Глава 1. На основании обзора литературных источников отечественных и зарубежных исследований проведен подробный анализ существующих видов закалочных сред для термической обработки стали. Автором отмечено, что среди всего многообразия закалочных сред перспективными являются водополимерные эмульсии на основе кремнийорганических жидкостей в связи с их уникальными регулируемыми свойствами, негорючестью, экологической безопасностью и потенциалом для импортозамещения. Отмечена малая изученность использования эмульсионных составов ПМС масел в качестве закалочной среды, что подтверждается отсутствием информации по влиянию разбавления и изменению температур в процессе закалки на свойства дисперсной системы, а также недостаточная глубина исследований в области оптимизации процесса эмульгирования ПМС и повышения стабильности эмульсий с учетом области их применения.

Глава 2. Представлены объекты изучения, их основные характеристики и методы исследования.

Глава 3. Приводятся результаты сравнительного анализа эмульсий на основе полиметилсилоксановых масел трех марок (ПМС-100, ПМС-200 и ПМС-300), оценки влияния марки ПМС и термокинетических параметров эмульгирования на коллоидно-химические свойства. Установлена корреляция между кинематической вязкостью ПМС и агрегативной устойчивостью эмульсий, стабилизированных поливиниловым спиртом (ПВС), подчиняющаяся уравнению Крамера. Выявлен доминирующий стерический механизм стабилизации, подтвержденный низкими значениями ζ -потенциала. Определены дисперсность и агрегативно-седиментационная устойчивость эмульсий. Разработан состав и рецептурно-технологические параметры получения водной эмульсии высокоскоростным способом эмульгирования методом инверсии фаз.

В *главе 4* отображены результаты исследования эффективности разработанной водной эмульсии ПМС масла в качестве закалочной среды для стали марки 40Х. Установлены значения скорости охлаждения, физико-механические свойства и микроструктура закаленной стали, подтверждающие эффективность эмульсии. Предложена феноменологическая модель процессов, протекающих в системе «за-

калочная эмульсия полиметилсилоксанового масла – сталь». Приведены технологическая схема производства и технико-экономическое обоснование эффективности получения закалочной водной эмульсии на основе полиметилсилоксана.

В заключении приводятся общие выводы по работе.

Содержание автореферата полностью соответствует диссертационной работе.

ОБОСНОВАННОСТЬ И ДОСТОВЕРНОСТЬ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается применением комплекса современных методов исследования, включая: лазерное динамическое светорассеивание (лазерный анализатор Zetatracs, Microtrac), поляризационная микроскопия (микроскоп ПОЛАМ Р-312), ротационная вискозиметрия (вискозиметр Rheotest RN4.1), определение ζ -потенциала, метод центрифугирования с последующим спектрофотометрическим анализом и оценкой по кривой Геллера, металлография (металлографический микроскоп МЕТАМ РВ-34), оптико-эмиссионная спектрометрия (Foundry-Master, Oxford). Кроме того, представлены данные по определению закалочной способности разработанной эмульсии на соответствие требованиям согласно методике ISO 9950, а твердость закаленной стали – по ГОСТ 9013-59.

Основные положения диссертационной работы были изложены на конференциях различного уровня и отражены в 12 научных публикациях, в том числе 4 статьи в журналах, входящих в перечни рецензируемых научных изданий и международные реферативные базы данных и системы цитирования, рекомендованных ВАК РФ.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем. Автором коллоидно-химически обоснована возможность формирования агрегативно-седиментационно устойчивых водных эмульсий полиметилсилоксановых масел в условиях высокоскоростного эмульгирования методом инверсии фаз. Доказано, что реализация предложенного термокинетического режима (подготовка водного раствора ПВС при $\vartheta_1 = 1000\text{--}1200$ об/мин, $\tau_1 = 10$ мин, $t_1 = 55\text{--}60$ °С с последующим эмульгированием ПМС при $\vartheta_2 = 10000$ об/мин, $\tau_2 = 1$ ч, $t_2 = 30$ °С и скорости введения эмульгатора $\vartheta_3 = 50\text{--}100$ мл/ч) инициирует межфазные взаимодействия, обеспечивающие получение стабильных эмульсий с идентичной дисперсностью и выраженным максимумом размера капель ~ 570 нм независимо от исходной вязкости дисперсной фазы.

Установлена прямая корреляция между кинематической вязкостью полиметилсилоксанового масла и агрегативной устойчивостью его водных эмульсий, стабилизированных поливиниловым спиртом. Выявлено, что данные зависимости подчиняются уравнению Крамера со степенью достоверности аппроксимации $R^2 > 0,95$, при этом постоянство коэффициента Хаггинса доказывает неизменность гидродинамических условий на границе раздела фаз. Экспериментально обосновано, что в интервале температур от +10 до +40 °С конформация макромолекул ПВС остается неизменной, что обеспечивает реологическую стабильность полимерной оболочки дисперсной фазы в производственных условиях.

применения закалочной среды.

Выявлен доминирующий механизм стабилизации исследуемых ПМС эмульсионных систем, заключающийся в формировании прочного структурно-механического барьера макромолекулами ПВС на поверхности капель дисперсной фазы. Стерический характер стабилизации разработанных эмульсий подтверждается низкими значениями электрокинетического потенциала (менее 10 мВ по модулю). Установлено, что сформированные адсорбционно-сольватные слои обеспечивают высокую агрегативно-седиментационную устойчивость системы, при этом композиция обладает оптимальными пространственно-стерическими характеристиками, что выражается в минимальной вариации размера капель в объеме.

НАУЧНАЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Теоретически обосновано и экспериментально подтверждено решение научной задачи по получению водной эмульсии на основе полиметилсилоксанового масла и поливинилового спирта в качестве высококачественной и управляемой закалочной среды при термической обработке улучшаемых сталей. Предложена феноменологическая модель процессов, протекающих в системе «закалочная эмульсия полиметилсилоксанового масла – сталь», раскрывающая механизм мягкого и управляемого режима охлаждения, базирующегося на формировании адсорбционных слоев, регулирующих теплоотвод в три стадии – пленочное кипение, пузырьковое кипение, конвекция.

Разработан состав и рецептурно-технологические параметры получения водных эмульсий полиметилсилоксанов высокоскоростным способом эмульгирования методом инверсии фаз, предназначенных для использования в качестве закалочной среды при термообработке стальных изделий и деталей. Данная технология позволяет получать агрегативно-седиментационно устойчивую однородную эмульсию с субмикронным размером капель, характеризующуюся низкой вязкостью 0,05–0,1 Па·с в широком диапазоне концентраций эмульсий 15–40 %.

Экспериментально доказано, что температурные условия и механические нагрузки не приводят к разрушению стабилизированных эмульсионных капель. Система демонстрирует высокую устойчивость, предсказуемость реологических характеристик и сохранение структурной целостности в широком интервале концентраций ПМС масла.

Установлены значения, характеризующие эффективность водной эмульсии ПМС масла как закалочной среды, демонстрирующие кинетику охлаждения стали: скорость охлаждения в среде 15–24 °С/с; температура водополимерной среды при закаливании: начало 20 °С, конец 50 °С. Характеристики стали марки 40Х после закалки в разработанной эмульсии: структурные дефекты не обнаружены; прокаливаемость – 20 мм; микроструктура – игольчатый тростит и мартенсит; твердость стали – 44 HRC; относительное удлинение – 17 %; предел текучести – 585 Н/мм²; предел прочности – 910 Н/мм²; относительное сужение – 62 %.

АПРОБАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Для масштабирования результатов работы была разработана технологическая схема производства закалочной водной эмульсии на основе полиметилсилокс-

сана, апробированная при выпуске опытной партии эмульсии на предприятии г. Белгород ООО Завод «Краски КВИЛ», предусматривающая полный цикл работ от подготовки сырьевых компонентов до перевода готовой продукции на склад. Апробация закалки хромистой конструкционной легированной стали марки 40Х в разработанной водной эмульсии полиметилсилоксанового масла проводилась в условиях опытно-промышленных испытаний на предприятии ИЛ ЦЗЛ ООО «Бел-энергомаш – БЗЭМ».

Теоретические положения, результаты экспериментальных исследований и промышленной апробации, полученные при выполнении диссертационной работы, используются в учебном процессе при подготовке бакалавров по направлению 18.03.01 «Химическая технология», 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов», магистров по направлению 28.04.03 «Наноматериалы» и 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов», что отражено в рабочих программах дисциплин «Коллоидная химия», «Физическая химия», «Металловедение», «Общая технология наносистем и наноматериалов» и «Материаловедение и технология наноструктурированных конструкционных и специальных материалов».

Основные положения диссертационной работы были представлены на международных и всероссийских (национальных) конференциях и форумах: «Инженерные задачи: проблемы и пути решения» (Архангельск, 2019, 2022, 2024); «Инновационные материалы и технологии в дизайне» (Санкт-Петербург, 2019, 2023–2025); «Химия и химическая технология: достижения и перспективы» (Кемерово, 2020); «Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе» (Тюмень, 2020, 2022); «Образование. Наука. Производство» (Белгород, 2022, 2024); «Перспективные материалы и передовые производственные технологии» (Воронеж, 2023); «XXX, XXXI Каргинские чтения» (Тверь, 2024, 2025); «Интеграционные процессы в научно-техническом и образовательном пространстве» (Бишкек, 2024); «Состояние и инновации технического сервиса конструкций, машин и оборудования», (Новосибирск, 2024); «Современные проблемы горно-металлургического комплекса» (Старый Оскол, 2024); «Промышленные покрытия. Актуальные технические решения» (Новосибирск, 2024, 2025); «Научно-практическая конференция им. Д.И. Менделеева» (Тюмень, 2025); «Физико-химия и технология неорганических материалов» (Москва, 2025).

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДОВ, ПРИВЕДЕННЫХ В ДИССЕРТАЦИИ

Результаты, полученные в рамках диссертационной работы Рязановой А.Ю. представляют интерес для внедрения на предприятиях химической промышленности для производства закалочных сред, металлургической промышленности в термическом производстве при тепловой обработке сталей, а также лакокрасочной промышленности при производстве водных дисперсий; при подготовке бакалавров и магистров по направлениям «Химическая технология» и «Материаловедение и технологии материалов».

ЗАМЕЧАНИЯ ПО СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

При рецензировании диссертации выявлены следующие недочеты и замечания:

1. Проводились ли автором исследования по подбору оптимальной концентрации поливинилового спирта в водном растворе для эмульгирования полиметилсилоксановых масел различной вязкости? В работе используется 12 %-ный водный раствор ПВС. Чем обоснован выбор именно этой концентрации? Возможно, при других концентрациях эмульгирующая способность ПВС была бы выше или стабильность эмульсии более длительной?

2. При описании улучшения эмульгирующей способности ПВС, выбранного автором диссертации в качестве эмульгатора ПМС масла, не совсем понятно, с чем все-таки связана стабилизация эмульсии: исключительно с адсорбцией ПВС на поверхности капель ПМС или возможно образование химических связей между гидроксильными группами ПВС и силоксановыми звеньями ПМС? Проводились ли исследования химического взаимодействия компонентов (например, методом ИК-спектроскопии)?

3. Не совсем понятно, почему в своей работе соискатель большое внимание уделяет дисперсности эмульсии?

4. Чем обоснован выбор полиметилсилоксанового масла в качестве дисперсной фазы разрабатываемой эмульсии? Рассматривались ли автором альтернативные кремнийорганические жидкости (например, полиэтилсилоксаны, полифенилсилоксаны) или другие гидрофобные полимеры?

Отмеченные недостатки несколько не снижают значимости представленных автором результатов и общей положительной оценки работы Рязановой А.Ю.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация **Рязановой Анастасии Юрьевны** на тему: «Разработка и коллоидно-химические свойства полиметилсилоксановой эмульсии для закалки стали» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи по получению водной эмульсии на основе полиметилсилоксанового масла и поливинилового спирта в качестве высококачественной и управляемой закалочной среды при закалке сталей, имеющей **существенную значимость** для развития соответствующей отрасли знаний фундаментального и прикладного характера для коллоидной химии. Полученные в диссертации результаты, научные положения и сформулированные выводы обоснованы, достоверны, обладают новизной, имеют теоретическую и практическую значимость. Текст написан автором самостоятельно грамотным техническим языком, графический материал выполнен на высоком уровне.

По актуальности затронутых вопросов, научной новизне и практической значимости, числу публикаций диссертация соответствует требованиям, изложенным в пп. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 в действующей редакции), предъявляемым к работам, представленным на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, **Рязанова Анастасия Юрьевна**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 1.4.10. Коллоидная химия.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден и одобрен на расширенном заседании кафедры физической химии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский госу-

дарственный технологический институт (технический университет)», протокол № 9 от «15» июня 2026 г.

Кандидат химических наук по специальности,
02.00.04 – Физическая химия,
доцент, заведующий кафедрой физической
химии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский госу-
дарственный технологический институт (техни-
ческий университет)»


Изотова Светлана Георгиевна

«15» июня 2026 г.

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический
институт (технический университет)»

Адрес: 190013, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49
литера А

Телефон: +7 812 494-92-03

E-mail: office@spbti.ru

Сайт: http://spbti.ru

Подпись 
 Начальник отдела кадров 
