

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет Д 212.267.13, созданный на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», извещает о результатах состоявшейся 20 декабря 2019 года публичной защиты диссертации Орловой Евгении Георгиевны «Смачивание и растекание капель жидкости по текстурированным лазерным излучением поверхностям алюминиево-магниевого сплава» по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук.

Присутствовали 20 из 26 членов диссертационного совета, из них 6 докторов наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы:

- | | |
|--|----------|
| 1. Шрагер Г. Р., доктор физико-математических наук, профессор,
председатель диссертационного совета, | 01.02.05 |
| 2. Христенко Ю. Ф., доктор технических наук, старший научный сотрудник,
заместитель председателя диссертационного совета, | 01.02.04 |
| 3. Пикущак Е. В., кандидат физико-математических наук,
ученый секретарь диссертационного совета, | 01.02.05 |
| 4. Архипов В. А., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.02.05 |
| 5. Биматов В.И., доктор физико-математических наук, доцент, | 01.02.05 |
| 6. Бутов В. Г., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.14 |
| 7. Глазунов А. А., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.02.05 |
| 8. Зелепугин С. А., доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник, | 01.02.04 |
| 9. Крайнов А. Ю., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.14 |
| 10. Лапшин О. В., доктор физико-математических наук, | 01.04.14 |
| 11. Люкшин Б. А., доктор технических наук, профессор, | 01.02.04 |
| 12. Макаров П. В., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.02.04 |
| 13. Миньков Л. Л., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.14 |
| 14. Пономарев С. В., доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник, | 01.02.04 |
| 15. Прокофьев В. Г., доктор физико-математических наук, доцент, | 01.04.14 |
| 16. Скрипняк В. А., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.02.04 |
| 17. Старченко А. В., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.14 |
| 18. Тимченко С. В., доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник, | 01.02.05 |
| 19. Шрагер Э. Р., доктор физико-математических наук, доцент, | 01.04.14 |
| 20. Якутенко В. А., доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник, | 01.02.05 |

Заседание провёл председатель диссертационного совета доктор физико-математических наук, профессор Шрагер Геннадий Рафаилович.

По результатам защиты диссертации тайным голосованием (результаты голосования: за присуждение ученой степени – 20, против – нет, недействительных бюллетеней – нет) диссертационный совет принял решение присудить Е. Г. Орловой учёную степень кандидата физико-математических наук.

**Заключение диссертационного совета Д 212.267.13,
созданного на базе федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский Томский государственный университет»
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации,
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
аттестационное дело № _____**

решение диссертационного совета от 20.12.2019 № 405

О присуждении **Орловой Евгении Георгиевны**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация **«Смачивание и растекание капель жидкости по текстурированным лазерным излучением поверхностям алюминиево-магниевого сплава»** по специальности **01.02.05** – Механика жидкости, газа и плазмы принята к защите 14.10.2019 (протокол заседания № 387) диссертационным советом **Д 212.267.13**, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, приказ о создании диссертационного совета № 105/нк от 11.04.2012).

Соискатель **Орлова Евгения Георгиевна**, 1991 года рождения.

В 2014 году соискатель окончил федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

В 2018 году соискатель очно окончил аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Работает в должности ассистента Научно-образовательного центра И. Н. Бутакова в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в Научно-образовательном центре И. Н. Бутакова федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор **Кузнецов Гений Владимирович**, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Научно-образовательный центр И. Н. Бутакова, главный научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

Демин Виталий Анатольевич, доктор физико-математических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет», кафедра теоретической физики, заведующий кафедрой

Марчук Игорь Владимирович, доктор физико-математических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», механико-математический факультет, декан

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки **Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук**, г. Новосибирск, в своем положительном отзыве, подписанном **Кабовым Олегом Александровичем** (доктор физико-математических наук, профессор, лаборатория интенсификации процессов теплообмена, заведующий лабораторией) и **Зайцевым Дмитрием Валерьевичем** (кандидат физико-математических наук, лаборатория интенсификации процессов теплообмена, старший научный сотрудник), указала, что, управление процессами растекания малых объемов жидкости и смачиванием поверхностей металлов и сплавов имеет важное практическое значение в различных областях техники и технологии. Использование самоочищающихся материалов с гидрофобными и супергидрофобными свойствами актуально в нетрадиционной энергетике,

авиационной и космической отраслях. При окраске поверхностей в строительстве важным свойством является их гидрофильность. В микрофлюидике изменение свойств приповерхностного слоя материала может быть использовано для управления поверхностными эффектами при растекании жидкости микролитровых объемов в устройствах с характерными геометрическими размерами не более десятка миллиметров. В системах обеспечения требуемого теплового режима оборудования необходима модификация технологических поверхностей для реализации капельной конденсации, эффективность которой намного выше пленочной. Управлять смачиванием и растеканием жидкости можно изменяя состояние поверхности материала, вдоль которой движется жидкая среда. Одним из перспективных направлений в области создания новых технологий обработки материалов является модификация их поверхностей концентрированными потоками энергии, в частности, лазерным излучением. Однако для установления возможности управления гидродинамическими процессами за счет создания текстуры лазерным излучением необходимо проведение комплексных экспериментальных исследований. В диссертации Е. Г. Орловой установлено, что изменением периода текстуры, сформированной лазерным излучением, можно контролировать свойства смачиваемости поверхностей алюминиево-магниевого сплава от супергидрофильности до гидрофобности; разработан новый подход к определению гистерезиса контактного угла на поверхностях, текстура которых образована отдельными элементами в форме кратеров; установлено, что гистерезис контактного угла на упорядоченной текстуре зависит от анизотропии свойств смачиваемости по поверхности и изменяется во времени; после обработки лазерным излучением зарегистрировано уменьшение гистерезиса контактного угла на поверхности с анизотропной текстурой, величина которого в условиях стабилизации свойств смачиваемости становится меньше величины, определенной на полированной поверхности, что связано с реализацией гетерогенного режима смачивания; установлено, что экспериментально зарегистрированный переход из гетерогенного к гомогенному режиму смачивания поверхностей алюминиево-магниевого сплава с анизотропной текстурой сопровождается незначительным уменьшением статического контактного угла, диаметра и высоты капли; установлена возможность применения классической

молекулярно-кинетической модели к описанию гидродинамических процессов в условиях растекания малых объемов жидкости по поверхностям алюминиево-магниевого сплава с упорядоченной (в форме кратеров) и анизотропной текстурами, сформированными наносекундным лазерным излучением, в области малых чисел капиллярности от 10^{-10} до 10^{-5} . Полученные результаты могут применяться в исследованиях, проводимых в научных и учебных заведениях России и за рубежом.

Соискатель имеет 78 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 23 работы, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы (из них в зарубежных научных изданиях, входящих в Web of Science, опубликовано 2 работы, в российских научных журналах, переводные версии которых входят в Web of Science, опубликовано 2 работы), в сборниках материалов конференций, представленных в зарубежных научных изданиях, входящих в Web of Science и/или Scopus, опубликовано 7 работ, в сборниках материалов международных и всероссийских научных конференций опубликовано 11 работ. Общий объем публикаций – 9,2 а.л., авторский вклад – 3,72 а.л.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Наиболее значительные работы по теме диссертации, опубликованные в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. Кузнецов Г. В. Режимы растекания капли воды по подложкам с различной смачиваемостью / Г. В. Кузнецов, Д. В. Феоктистов, **Е. Г. Орлова** // Инженерно-физический журнал. – 2016. – Т. 89, № 2. – С. 310–315. – 0,42 / 0,14 а.л.

в переводной версии журнала, входящей в Web of Science:

Kuznetsov G. V. Regimes of spreading of a water droplet over substrates with varying wettability / G. V. Kuznetsov, D. V. Feoktistov, **E. G. Orlova** // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2016. – Vol. 89, № 2. – P. 317–322. – DOI: 10.1007/s10891-016-1381-0.

2. Кузнецов Г. В. Влияние скорости образования капли при растекании по микроструктурированной поверхности на краевой угол / Г. В. Кузнецов, Д. В. Феоктистов, **Е. Г. Орлова**, И. Ю. Зыков, К. Батищева // Теплофизика и аэромеханика. – 2018. – Т. 25, № 2. – С. 247–254. – 0,5 / 0,1 а.л.

в переводной версии журнала, входящей в Web of Science:

Kuznetsov G. V. The influence of the drop formation rate at spreading over a microstructured surface on the contact angle / G. V. Kuznetsov, D. V. Feoktistov, **E. G. Orlova**, I. Y. Zykov, K. Batishcheva // Thermophysics and Aeromechanics. – 2018. – Vol. 25, № 2. – P. 237–244. – DOI: 10.1134/S0869864318020099.

3. **Orlova E. G.** Spreading of a distilled water droplet over polished and laser-treated aluminum surfaces / E. G. Orlova, D. V. Feoktistov, G. V. Kuznetsov, K. O. Ponomarev // European Journal of Mechanics–B/Fluids. – 2018. – Vol. 68. – P. 118–127. – DOI: 10.1016/j.euromechflu.2017.12.002. – 1,05 / 0,32 а.л. (*Web of Science*).

4. Kuznetsov G. V. Unification of the textures formed on aluminum after laser treatment / G. V. Kuznetsov, D. V. Feoktistov, **E. G. Orlova**, K. A. Batishcheva, S. S. Ilenok // Applied Surface Science. – 2019. – Vol. 469. – P. 974–982. – 1,38 / 0,41 а.л. (*Web of Science*).

На автореферат поступило 3 положительных отзыва. Отзывы представили:

1. **Ю. В. Люлин**, канд. физ.-мат. наук, научный работник Сколковского Института науки и технологий, г. Москва, *с замечаниями*: при унификации текстур, образованных лазерным излучением, из 20 созданных поверхностей только одна относится к анизотропной, остальные 19 к упорядоченным. Отсутствует строгое определение параметров лазерного излучения для образования анизотропных и упорядоченных текстур; в автореферате диссертации отсутствуют данные по величине погрешностей измерения основных регистрируемых величин.
2. **А. В. Нефтисов**, доктор PhD, и.о. заведующего кафедрой «Электротехника и автоматизация», **Е. В. Приходько**, канд. техн. наук, профессор кафедры «Теплоэнергетика» Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова, г. Павлодар, Республика Казахстан, *с замечанием*: автор не

самостоятельно получила текстуры, разработала подход для определения гистерезиса на этих текстурах, получила экспериментальные данные с помощью этого подхода и выполнила их анализ. Полученные Е. Г. Орловой результаты и закономерности могут быть использованы для разработки технологии модификации поверхностей различных устройств, в которых реализуется растекание малых объемов жидкости, например, мини- и микроканальные системы транспортировки жидкостей, системы капельного охлаждения.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что **В. А. Демин** является известным специалистом в области исследований поверхностных явлений, конвективных процессов в нано-и микрожидкостях и микрофлюидических системах, термокапиллярных течений, поведения расплавов в тонких капиллярах, **И. В. Марчук** является известным специалистом в численных и экспериментальных исследованиях механики жидкости, а именно, смачивание и растекание, поверхностные явления, капиллярные эффекты, двухфазные потоки; **Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук** известен достижениями в области механики жидкости и газа, а именно, ручейковые и пленочные течения жидкостей, создание супергидрофильных и супергидрофобных поверхностей, двухфазные потоки.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан новый подход к определению гистерезиса контактного угла, отличающийся от известного возможностью определения гистерезиса в условиях флуктуационных движений линии трехфазного контакта в направлении натекания и оттекаания малых объемов жидкости при числах капиллярности, стремящихся к нулю, по поверхностям с упорядоченной текстурой;

изучено влияние текстуры и свойств смачиваемости на динамические характеристики процесса растекания капель жидкости по поверхностям алюминий-магниевого сплава, обработанным лазерным излучением;

экспериментально *определены* режимы смачивания поверхностей алюминий-магниевого сплава с анизотропной и упорядоченной текстурами, сформированными лазерным излучением;

установлен доминирующий механизм движения линии трехфазного контакта по текстурированным поверхностям металлов в области малых чисел капиллярности от 10^{-10} до 10^{-5} (адсорбция молекул жидкости твердой поверхностью);

показана возможность управления смачиванием (от супергидрофильности до гидрофобности) и растеканием капель жидкости по поверхностям алюминиево-магниевого сплава за счет формирования текстуры наносекундным лазерным излучением.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

изучены основные закономерности смачивания и процесса растекания капель жидкости по поверхностям алюминиево-магниевого сплава, текстурированным лазерным излучением.

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

показана возможность управления смачиванием и растеканием малых объемов жидкости по поверхностям алюминиево-магниевого сплава за счет нанесения текстуры лазерным излучением, что создает предпосылки для создания систем охлаждения энергонасыщенного радиоэлектронного и электронного оборудования.

Рекомендации по использованию результатов диссертационного исследования. Результаты исследований могут быть использованы при разработке технологии охлаждения энергонасыщенного оборудования малыми объемами жидкости (капли, ривулеты) за счет модификации поверхностей основных элементов систем охлаждения лазерным излучением. Полученные результаты и закономерности могут применяться в исследованиях, проводимых в различных научных и учебных организациях: Институт механики сплошных сред Уральского отделения российской академии наук (г. Пермь), Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук (г. Новосибирск), Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Национальный исследовательский Томский политехнический

университет, Институт теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук (г. Новосибирск) и др.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

использовано современное высокоточное оборудование с корректной постановкой экспериментов;

проведен анализ систематических и случайных погрешностей измеряемых величин;

установлено качественное и количественное совпадение полученных экспериментальных результатов с опубликованными теоретическими следствиями.

Научная новизна результатов диссертационного исследования заключается в том, что по результатам экспериментальных исследований обоснована возможность управления смачиванием (от супергидрофильности до гидрофобности) и характеристиками процесса растекания капель жидкости по поверхностям алюминиево-магниевого сплава за счет формирования текстуры наносекундным лазерным излучением.

Личный вклад соискателя состоит в: участии в постановке задач исследования совместно с научным руководителем, разработке методики экспериментальных исследований смачивания и процессов растекания капель жидкости по текстурированным поверхностям, процедуры обработки поверхностей алюминиево-магниевого сплава лазерным излучением, проведении экспериментов, обработке и интерпретации экспериментальных данных, подготовке публикаций по теме диссертации.

Диссертация отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней для диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, и, в соответствии с пунктом 9 Положения, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи управления смачиванием и растеканием капель жидкости на поверхностях металлов и сплавов за счет создания текстуры с заданными геометрическими характеристиками после воздействия лазерным излучением, имеющей значение для развития механики жидкости в области исследования различных гидродинамических процессов (смачивание и растекание).

На заседании 20.12.2019 диссертационный совет принял решение присудить **Орловой Е. Г.** ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 6 докторов наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – 20, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета



Шрагер Геннадий Рафаилович

Ученый секретарь
диссертационного совета

Пикущак Елизавета Владимировна

20.12.2019