

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 004.036.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
ПЕРМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
(ФИЛИАЛ – ИНСТИТУТ МЕХАНИКИ СПЛОШНЫХ СРЕД)
УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 03.03.2022 № 89

О присуждении Фатталову Оскару Олеговичу, гражданину России, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Экспериментальное исследование динамики твердых и газовых включений в жидкости в вибрационном и акустическом полях» по специальности 1.1.9 (01.02.05) «Механика жидкости, газа и плазмы» принята к защите 28.12.2021, протокол № 87, диссертационным советом Д 004.036.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермский федеральный исследовательский центр (филиал – Институт механики сплошных сред) Уральского отделения Российской академии наук, 614013, г. Пермь, ул. Академика Королева, д. 1, утвержденным приказом Минобрнауки России № 87/нк от 26 января 2018 г.

Соискатель Фатталов Оскар Олегович 1992 г. рождения, в 2017 г. окончил ФГАОУ ВО "Пермский государственный национальный исследовательский университет" по направлению «Физика». В 2021 г. окончил аспирантуру очной формы обучения в ФГАОУ ВО Пермский государственный национальный исследовательский университет (ПГНИУ) по научной специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы. Диссертация выполнена на кафедре общей физики ПГНИУ. В настоящее время работает ассистентом кафедры общей физики ПГНИУ.

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры теоретической физики ПГНИУ Любимова Татьяна Петровна.

Официальные оппоненты:

1. Гималтдинов Ильяс Кадирович, доктор физико-математических наук (01.02.05), профессор кафедры физики ФГБОУ ВО "Уфимский государственный нефтяной технический университет" (г. Уфа);
 2. Субботин Станислав Валерьевич, кандидат физико-математических наук (01.02.05), доцент кафедры физики и технологии ФГБОУ ВО "Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет" (г. Пермь);
- дали положительные отзывы на диссертацию

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт проблем машиноведения Российской академии наук" (ИПМаш РАН), г. Санкт-Петербург, в своем положительном заключении, составленном главным научным сотрудником, заведующим лабораторией мехатроники, чл.-корреспондентом РАН, д.ф.-м.н. А.К. Беляевым; ведущим научным сотрудником, заведующим лабораторией вибрационной механики, к.т.н. Л.И. Блехманом и утвержденном директором ИПМаш РАН, д.т.н., профессором В.А. Полянским, указала, что диссертация оформлена в соответствии со всеми требованиями и представляет собой завершённую научно-

квалификационную работу. Диссертационная работа, посвященная исследованию динамики включений в жидкости при вибрационных воздействиях, является актуальным законченным исследованием, содержащим новые научные результаты. Работа выполнена на высоком уровне, её результаты имеют существенное научное и прикладное значение. Представленная диссертационная работа «Экспериментальное исследование динамики твердых и газовых включений в жидкости в вибрационном и акустическом полях» удовлетворяет требованиям Положения «О присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ №842 от 24.09.2013, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Фатталов Оскар Олегович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 (01.02.05) – Механика жидкости, газа и плазмы.

Соискателем опубликовано 8 статей в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень, рекомендованный ВАК:

1. Filippov L.O., Filippova I.V., Barres O., Lyubimova T.P., **Fattalov O.O.** Intensification of the flotation separation of potash ore using ultrasound treatment // Minerals Engineering. – 2021. – V. 171. – P. 107092.

Экспериментальное исследование процесса интенсификации флотационного разделения калийных руд с помощью ультразвукового воздействия.

2. Lyubimova T., Rybkin K., **Fattalov O.**, Kuchinskiy M., Filippov L. Experimental study of temporal dynamics of cavitation bubbles selectively attached to the solid surfaces of different hydrophobicity under the action of ultrasound // Ultrasonics. – 2021. – V. 117. – P. 106516.

Экспериментальное исследование поведения пузырьков вблизи погруженных в жидкость твердых поверхностей с различными краевыми углами смачивания при наличии ультразвукового воздействия.

3. **Fattalov O.**, Lyubimova T., Rybkin K., Kuchinskiy M. Experimental study of the processes of formation, drift and levitation of vapor-gas bubbles in water containing surfactant under the action of ultrasound // Microgravity Science and Technology. – 2021. – V. 33, № 2. – P. 1-7.

Экспериментальное исследование формирования и эволюции пузырьков в объеме жидкости при наличии ПАВ под действием ультразвукового.

4. **Fattalov O.**, Lyubimova T., Rybkin K., Kozlov M., Kuchinskiy M. Experimental study of the processes of formation, drift and coalescence of vapor-gas bubbles in aqueous solutions of salts and surfactants in a sonochemical reactor // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – V. 1945, № 1. – P. 012004.

Экспериментальное исследование формирования и эволюции пузырьков в объеме жидкости под действием ультразвукового для водных растворов солей и ПАВ.

5. Lyubimova T.P., Rybkin K.A., **Fattalov O.O.**, Kuchinskiy M.O., Kozlov M.V., Kugaevskaya A.A. On the mechanism of selective fixation of bubbles under the action of ultrasound in NaCl and KCl solutions during degassing // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – V. 1809, № 1. – P. 012029.

Экспериментальное исследование влияние дегазации на формирование пузырьковых агломератов на твердой поверхности, погруженной в жидкость, при наличии ультразвукового воздействия.

6. Lyubimova T.P., Rybkin K.A., **Fattalov O.O.**, Filippov L.O. Dynamics of vapor-gas bubbles in a liquid near solid surfaces with different properties // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – V. 581, № 1. – P. 012041.

Экспериментальное исследование поведения пузырьков вблизи погруженных в жидкости твердых поверхностей с различными свойствами при наличии ультразвукового воздействия.

7. Rybkin K.A., Bratukhin Y.K., Lyubimova T.P., **Fattalov O.O.**, Filippov L.O. Experimental study of formation and dynamics of cavitation bubbles and acoustic flows in NaCl, KCl water solutions // Journal of Physics: Conference Series. – 2017. – V. 879, № 1. – P. 012026.

Экспериментальное исследование формирования и динамики пузырьков в растворах солей различной концентрации при наличии ультразвукового воздействия.

8. Lyubimova T.P., Maslova Y.M., **Fattalov O.O.** Dynamics of an ensemble of spherical particles under translational vibrations of linear polarisation // Journal of Physics: Conference Series. – 2017. – V. 879, № 1. – P. 012025.

Экспериментальное исследование формирования пространственных структур в двухфазной системе под действием неакустических линейно-поляризованных горизонтальных вибраций.

Публикации содержат в сумме 98 страниц и в полной мере отражают основные научные результаты работы. Недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах в тексте диссертации отсутствуют.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы: от оппонентов и ведущей организации.

1. Положительный отзыв официального оппонента Гималтдинова И.К. В отзыве представлен анализ содержания диссертационной работы, отмечается актуальность темы диссертации; также отмечается новизна, научная и прикладная значимость полученных результатов; обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций.

Оппонент отмечает следующие замечания по диссертации и автореферату:

- замечание о том, что в первой главе диссертационной работы на стр.15-16 небрежно оформлен рисунок Рис.1.3;
- замечание о том, что в первой главе диссертационной работы на стр.20 в подписи к Рис.1.7 перепутаны цвета обозначающие различные режимы;
- замечание о том, что в первой главе диссертационной работы на стр.23 есть несоответствие в размерности указанной частоты вибраций;
- замечание о том, что в первой главе в одном случае перепутаны местами формулы для безразмерного пространственного периода и безразмерной толщины вязкого слоя Стокса;
- вопрос о том, как увеличение концентрации соли NaCl влияет на процесс образования и динамику пузырькового агломерата.

2. Положительный отзыв официального оппонента Субботина С.В. В отзыве отмечено, что диссертация посвящена актуальной проблеме изучения влияния вибраций на многофазные системы, так как в представленной работе одновременно с фундаментальными исследованиями рассматривается конкретная задача повышения эффективности флотационного разделения смеси при помощи ультразвука.

Оппонент отмечает следующие замечания:

- замечание о том, что одновременно могут использоваться как “.”, так и “;” (например, подпись осей и легенда на рис. 1.9). В подписи к рис. 1.7 перепутаны между собой цвета символов и т.д.;

- замечание о том, что одна и та же физическая величина может одновременно выражаться в разных единицах;
- замечание о том, что на стр. 27 в подписи к рис. 1.13 вводится число Рейнольдса, но его определение не дается;
- замечание о том, что более правильным было бы считать управляющим параметром относительную амплитуду скорости колебаний частиц;
- замечание о том, что не проводится сравнение расчетов с результатами экспериментов;
- замечание о том, что в работе следовало бы указать толщину светового ножа, а также выдержку, при которой были получены изображения;
- замечание о том, что непонятно, почему на правом фрагменте рис. 2.6 перед коалесценцией пузырек под номером 1.2 движется вниз, т.е. против поля силы тяжести;
- вопрос о том, что отличается ли истинная площадь, покрытая пузырьками от той величины, что измеряется в экспериментах;
- замечание о том, что описание рис. 2.23б в тексте диссертации отсутствует;
- вопрос о том, что делались ли оценки влияния изменения температуры на динамику пузырьков;
- вопрос о том, что почему в главе 3 не анализировалось содержание соли NaCl в камерном продукте после УЗ воздействия;
- замечание о том, что на рис. 3.14 крайние точки для $P = 45\%$ не являются элементами общей закономерности и не должны соединяться с остальными точками единой кривой;
- вопрос о том, что чем отличаются зеленые и красные символы на рис. 3.18.

3. Положительный отзыв ведущей организации. В отзыве отмечается, что диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу по исследованию влияния колебательных воздействий, включающих ультразвуковой частотный диапазон, на многофазные среды. Полученные результаты имеют как фундаментальное значение, так и существенную практическую значимость – поскольку могут быть использованы для изменения характера технологических процессов, с целью их оптимизации, создавая экологичные, энерго- и ресурсосберегающие технологии. Ведущая организация отмечает следующие замечания:

- замечание о том, что для получения более обоснованных выводов об эффективности и практической значимости этих результатов было бы желательно провести исследования с применением машин большего объёма;
- замечание о том, что представление экспериментальных результатов в виде зависимостей от амплитуды, частоты и амплитуды скорости вибрации представляется излишним;
- замечание о том, что желательно было указать также интервал значений параметра перегрузки (безразмерной амплитуды ускорения вибрации $A\omega^2/g$);
- замечание о том, что в главе 1, посвящённых поведению включений в жидкости при вибрации, носит отчасти формальный характер охватывающем публикации [20-58];
- замечание о том, что показатель степени в выражении для толщины вязкого слоя Стокса (стр. 23) должен быть равен $1/2$, а не $-1/2$.

На автореферат поступило 6 отзывов:

1. Положительный отзыв от Ахметова А.Т., к.ф.-м.н., ведущего научного сотрудника ФГБУН "Институт механики им. Р.Р.Мавлютова УФИЦ РАН", г. Уфа (3 замечания);
2. Положительный отзыв от Калиниченко В.А., д.ф.-м.н., ведущего научного сотрудника лаборатории механики сложных жидкостей ФГБУН "Институт проблем механики им. А.Ю.Ишлинского РАН", г. Москва (1 замечание);
3. Положительный отзыв от Кондратьева С.А., д.т.н., главного научного сотрудника ФГБУН "Институт горного дела им. Н.А.Чинакала СО РАН", г. Новосибирск (1 замечание);
4. Положительный отзыв от Петрова А.Г., д.ф.-м.н., профессора, главного научного сотрудника лаборатории механики систем ФГБУН "Институт проблем механики им. А.Ю.Ишлинского РАН", г. Москва (1 замечание)
5. Положительный отзыв от Циберкина К.Б., к.ф.-м.н., доцента кафедры теоретической физики ФГАОУ ВО "Пермский государственный национальный исследовательский университет", г. Пермь (1 замечание);
6. Положительный отзыв от Шагапова В.Ш., д.ф.-м.н., профессора, главного научного сотрудника ФГБУН "Институт механики им. Р.Р.Мавлютова УФИЦ РАН", г. Уфа (1 замечание).

В отзывах на автореферат содержатся следующие замечания:

- замечание о том, что отсутствует описание механизма формирования периодических структур в автореферате;
- замечание о том, что автор не поясняет о том имеет ввиду молекулярную, физически закрепившуюся форму собирателя на поверхности частиц или что-то другое;
- замечание о том, что на странице 14 автореферата автор указал неверную размерность мощности ($P=45\%$);
- замечание о том, что в автореферате на картах состояний (рис.2 и рис.3) хотелось бы видеть не просто набор экспериментальных точек, но и научно обоснованный вид границ обнаруженных гидродинамических режимов;
- замечание о том, что приводится описания о положении твердой фазы (на дне кюветы или взвешенное состояние) и соответствующий режим их перемешивания (влекомые по дну, сальтация или взвешенные);
- замечание о том, что в автореферате автор ограничивается в основном констатацией явлений, уделяется мало места осмыслению механизмов реализации тех или иных режимов поведения многофазных систем, физической их интерпретации;
- замечание о том, что автореферате отсутствуют даже оценочные данные о количестве растворенного в воде и водных растворов газа, его составе и доле, выделяющейся при УЗ воздействии;
- замечание о том, что в автореферате встречается странное увлечение понятием – «вибрация» применительно к УЗ полям: «пузырьков, возникающих под действием УЗ вибраций (стр.5);
- замечание о том, что автореферате генератором УЗ вибраций (стр.10) называется генератор электрических импульсов, который питает пьезоэлектрическую пластину, ее колебания приводят к формированию продольных волн в УЗ диапазоне.

В отзывах отмечено, что диссертация является законченным исследованием и представляет научный интерес, прошла достаточную апробацию, содержит новые

результаты, достоверность которых обоснована, тема работы является актуальной, результаты имеют высокую научную ценность и большое прикладное значение.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается следующим:

официальные оппоненты являются одними из ведущих специалистов в области физики, механики жидкости, имеют большое число публикации с результатами теоретических и экспериментальных исследований; обладают достаточной квалификацией, позволяющей оценить новизну представленных на защиту результатов, их научную и практическую значимость, обоснованность и достоверность полученных выводов;

ведущая организация ФГБУН Институт проблем машиноведения РАН является одним из ведущих научных центров в области механики, в нем активно ведутся фундаментальные и прикладные исследования динамики вибрационных, волновых и виброударных процессов и устройств применительно к проблемам машиностроения, физике Земли и энергетике, явления самосинхронизации, вибрационного перемещения, локализация волн, трансформация реологических свойств

Отзыв ведущей организации, содержащий подробную, по главам, характеристику содержания диссертационной работы; высокую положительную оценку актуальности темы исследования, достоверности, новизны, теоретической и практической значимости изложенных результатов обсужден и одобрен на заседании научного семинара по механике ИПМаш РАН в присутствии признанных авторитетных специалистов по теме защищаемой диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны методики экспериментов, позволяющие исследовать поведение твердых и газовых включений в жидкости в вибрационном и акустическом полях;

предложены новые подходы к постановке экспериментов, позволившие обнаружить закономерности в поведении твердых включений в жидкости под действием неакустических вибраций, а также описать эффекты, возникающие в случае ультразвукового воздействия (УЗ) на жидкости;

доказана эффективность применения вибрационного и акустического воздействия для управления гетерогенными гидродинамическими системами;

введена классификация режимов, определяющих характер взаимодействия между твердыми включениями в колеблющейся вязкой жидкости.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано

– пространственный период структур, наблюдающихся в жидкости с твердыми включениями, пропорционален толщине вязкого слоя Стокса;

– скорость роста пузырькового кластера, формирующегося на границе жидкости и твердой поверхности в условиях ультразвукового воздействия, зависит от краевого угла смачивания поверхности;

– ультразвуковое воздействие способно повысить эффективность обогащения калийной

руды методом флотации;

Применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов):

использованы как традиционно применяемые для экспериментальных исследований гидродинамических процессов, так и оригинальные методики, разработанные автором; **изложены** физические соображения, объясняющие возможность управления динамикой твердых и газовых включений в жидкости с помощью вибрационного и акустического воздействий;

раскрыты особенности использования ультразвука для повышения эффективности процесса разделения руд методом флотации;

изучены условия возникновения и физические механизмы формирования в жидкости упорядоченных структур из твердых включений в зависимости от параметров внешнего воздействия, характеристик жидкости и включений;

проведена модернизация экспериментальных установок для исследования динамики включений в жидкости при неакустических и ультразвуковых вибрациях.

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

разработана и внедрена новая методика разделения двухфазной среды с помощью неакустических вибраций, а также новая методика повышения селективности извлечения ценной руды при флотации с применением ультразвуковой обработки;

определены диапазоны параметров, определяющих формирование режимов в жидкостях при воздействии неакустических вибраций и ультразвука. Результаты могут быть использованы при планировании экспериментальных исследований и проектировании технологических процессов;

создана база экспериментальных данных для верификации теоретических моделей;

представлены экспериментальные данные, необходимые при проектировании систем сепарации двухфазных сред и флотационных машин с ультразвуковым блоком.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ исследования проведены с использованием современного экспериментального оборудования и с применением современных экспериментальных методов исследования, что позволило обеспечить воспроизводимость и высокую точность полученных результатов;

идея базируется на обобщении результатов предыдущих исследований о влиянии вибраций и ультразвука на многофазные системы;

использованы результаты известных экспериментальных и теоретических исследований для оценки адекватности новых экспериментальных методик;

установлено качественное и количественное согласие полученных экспериментальных данных с известными данными для предельных случаев;

использованы современные экспериментальные методики визуализации и измерения характеристик наблюдаемых эффектов, современные методы цифровой обработки и статистического анализа данных.

Личный вклад соискателя состоит в разработке и тестировании лабораторных установок и экспериментальных методик, в проведении и анализе экспериментов, в разработке программы численных расчетов и проведении вычислений в случае

неакустических вибраций. Для проведения экспериментов, в случае акустических вибраций ультразвуковой частоты разработка экспериментальной установки, проведение экспериментов и последующая обработка экспериментальных данных проводились совместно с соавторами публикаций. При изучении влияния ультразвукового воздействия на флотацию калийных руд автор участвовал в подготовке проб и проведении экспериментов. Постановка задач, обсуждение и анализ результатов осуществлялись совместно с научным руководителем диссертационной работы Т.П. Любимовой и другими соавторами публикаций.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи (проблемы) и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, концептуальности и взаимосвязи основных выводов.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи (проблемы) и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, концептуальности и взаимосвязи основных выводов.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует требованиям п. 9 "Положения о присуждении ученых степеней" № 842, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г.: в ней содержится решение задачи о влиянии неакустических вибраций и ультразвука на многофазные системы.

На заседании 03 марта 2022 г. диссертационный совет принял решение присудить Фатталову О.О. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человека, из них 14 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящего в состав совета, дополнительно введено на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 14, против – 0, не проголосовало – 0.

Председатель
диссертационного совета Д 004.036.01
д.т.н., профессор, академик РАН
Матвеев Валерий Павлович

 / Матвеев В.П.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 004.036.01
д.ф.-м.н., доцент
Зуев Андрей Леонидович

 / Зуев А.Л.

04 марта 2022 г.

