

Отзыв официального оппонента

доктора физико-математических наук Ершова Игоря Валерьевича на диссертацию Бурмистровой Оксаны Александровны «Устойчивость свободных пленок жидкости и вращающихся жидких слоев», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы

1. Оценка актуальности темы диссертационного исследования

Диссертационная работа посвящена изучению течений жидких пленок со свободными поверхностями. Такие течения имеют многочисленные практические приложения. В частности, в пищевой промышленности жидкие пленки используются для производства сахара, а нефтеперерабатывающей применяются для дистилляции горюче-смазочных материалов. Кроме того, пленки жидкости широко применяются в химической, энергетической и фармацевтической промышленности. Таким образом, актуальность диссертационного исследования течений жидких пленок со свободными поверхностями и их устойчивость определяется многочисленными практическими приложениями.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и практических рекомендаций, сформулированных в диссертации

Во Введении диссертации приводится обзор результатов исследований других авторов по изучению течений жидких пленок со свободными поверхностями и их устойчивости. Определена актуальность, рассматриваемых исследований в диссертации, сформулированы цели работы, отражена научная новизна и практическая значимость результатов диссертации. В первой главе диссертационной работы рассматривается задача о бесконечно протяженной по вертикали свободной пленке жидкости, находящейся под действием силы тяжести и термокапиллярных сил. Во второй главе рассматривается задача о неизотермической свободной жидкой пленке, находящейся в поле тяжести и ограниченной по вертикали твердыми стенками. В третьей главе рассматривается задача о неизотермическом слое жидкости на внутренней поверхности цилиндра, вращающегося с постоянной угловой скоростью. В заключении приводятся основные результаты диссертационной работы.

При решении поставленных задач О.А. Бурмистрова применяла аппараты механики сплошных сред и теория дифференциальных уравнений, а также методы гидродинамической теории устойчивости. Численные расчеты осуществлялись на базе прикладного пакета программ Mathematica. Проведен анализ и верификация полученных в работе данных с результатами других авторов.

3. Достоверность, новизна и практическая значимость исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность результатов диссертационной работы обеспечивается использованием известных моделей гидродинамики и математических методов теории устойчивости, применением апробированных численных методов. Корректность результатов численного решения подтверждается сравнением с аналитическими результатами в предельных случаях.

Научная новизна полученных результатов определяется следующим. В работе для бесконечно протяженной вертикальной свободной жидкой пленки в случае плоского стационарного неизотермического слоистого течения с постоянной толщиной впервые найдено и исследовано на устойчивость точное решение уравнений Навье – Стокса и переноса тепла. В результате чего для различных значений чисел Галилея и Био получено значение волнового числа, при котором течение становится неустойчивым. Для неизотермической пленки жидкости, находящейся в продольном поле тяжести и ограниченной сверху и снизу твердыми стенками, в приближении тонкого слоя получена система дифференциальных уравнений, связывающая расход жидкости через поперечное сечение пленки, ее толщину и температуру. В рамках полученных уравнений впервые решена плоская стационарная задача для различных значений краевого угла и для различных значениях ускорения тяжести исследовано решение с постоянной толщиной пленки на устойчивость. Для неизотермического слоя жидкости, находящейся на внутренней поверхности цилиндра, который вращается с постоянной угловой скоростью, впервые исследовано на устойчивость точное решение уравнений Навье – Стокса и переноса тепла. В результате получены зависимости критического значения числа Марангони от чисел Био, Рейнольдса и безразмерного радиуса цилиндра.

Теоретическая значимость работы определяется тем, что автором получены и исследованы на устойчивость точные решения некоторых задач со свободной поверхностью. Полученные при этом результаты вносят вклад в теорию гидродинамической

устойчивости. **Практическая значимость** работы определяется тем, что проведенные автором исследования задач о свободной жидкой пленке, находящейся под действием силы тяжести и термокапиллярных сил, помогают интерпретировать данные экспериментов, в которых получены пленки, используемые в технологии опреснения воды. Исследования устойчивости жидкого слоя на внутренней поверхности вращающегося цилиндра позволяют понять механизмы развития неустойчивости при производстве пластиковых труб.

4. Соответствие диссертации и автореферата требованиям, установленным Положением о порядке присуждения учёных степеней

Представленная диссертация и автореферат О.А. Бурмистровой соответствует установленным требованиям к специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы, а полученные результаты соответствуют поставленной цели и задачам. Оформление диссертации удовлетворяет требованиям ВАК. Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертации.

5. Личный вклад соискателя в разработку научной проблемы

Аналитические и численные исследования поставленных в диссертационной работе задач автор выполнял самостоятельно. Все публикации в изданиях, рекомендованных ВАК, выполнены без соавторов.

6. Оценка содержания диссертации, её завершенности, подтверждение публикаций автора

Диссертация О.А. Бурмистровой содержит совокупность новых научных результатов и положений в соответствии с заявленными целью и задачами и имеет внутреннее единство. Ее оформление соответствует требованиям, устанавливаемым Министерством образования Российской Федерации. Основные научные результаты диссертации опубликованы в 3 статьях в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях из перечня ВАК в течение 2014 – 2019 годов, а также представлены в материалах 8 различных всероссийских и международных конференций по специальности диссертанта за тот же период.

7. Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации, высказать мнение о научной работе соискателя в целом

Содержание диссертации О.А. Бурмистровой отражает и систематизирует объем проделанных диссертантом исследований, изложенных в его публикациях по разрабатываемой теме. Эти исследования включают в себя теоретическую и вычислительную работу, анализ и обобщение существующих аналитических и экспериментальных данных. Теоретические исследования и численные расчеты выполнены на высоком научно-техническом уровне с применением современных аналитических и численных методов, а также специализированных прикладных пакетов программ.

Содержание диссертации полностью соответствует заявленной теме исследования, а именно – построению решений для неизотермических задач со свободной границей в полях внешних сил и исследованию их на устойчивость. Перечисленные в диссертации результаты являются новыми, а работа в целом имеет как теоретическую, так и практическую значимость.

В представленной работе я не смог найти принципиальных недостатков. Тем не менее, определенные, на мой взгляд, недочеты, на которых следует остановиться отдельно, присутствуют.

1) На стр. 4 автор вводит термин «характерная длина возмущений», который не является общепринятым. Автору следует пояснить смысл этого термина.

2) На стр. 15 при изложении постановки задачи в равенстве (1.4) впервые введен в рассмотрение параметр κ , описание которого отсутствует. Отметим, что параметр κ появляется также при описании других задач (см., например, стр. 23, 39 – 41, 43, 57, 58), но и там описание этого параметра отсутствует. Автору следует пояснить смысл параметра κ .

3) На стр. 19 автор пишет «Значит, при вышеуказанных значениях параметров диссипативный член равен $2.29 \cdot 10^{-4}$ К/с, поэтому пренебрежение им в уравнении переноса тепла оправдано», при этом автор не приводит данные о порядках величин других членов, входящих в уравнение переноса тепла, и не сравнивает их вклад с вкладом диссипативного слагаемого. Автору следует более четко пояснить мотивы сделанного допущения относительно диссипативного слагаемого в уравнении переноса тепла.

4) На стр. 31–35 представлены описание и результаты расчетов частот и инкрементов роста возмущений (рис. 1.4–1.6), при этом в тексте отсутствуют данные о значениях (или значении) параметра C_r (где C_r – параметр, описывающий деформируемость свободной границы термокапиллярными силами), при которых эти результаты были получены. Автору следует дать пояснение по данному вопросу.

8. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Таким образом, диссертация О.А. Бурмистровой является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований построены решения для неизотермических задач со свободной границей в полях внешних сил и проведен анализ их на устойчивость. Разработаны теоретико-практические рекомендации, расширяющие возможности применения свободных жидких пленок в практических задачах по опреснению воды и производству пластиковых труб. Совокупность результатов, полученных в диссертации, можно квалифицировать как существенный вклад в областях течений со свободной поверхностью и их устойчивости, что соответствует требованиям п. 7 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы.

Официальный оппонент

доктор физико-математических наук, доцент,
профессор кафедры высшей и прикладной математики
Новосибирского государственного аграрного университета

Ершов Игорь Валерьевич

«9» августа 2019

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет»

Кафедра высшей и прикладной математики

630039, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160

Раб. тел.: 8 (383) 349-13-95 Моб. тел.: 8 (961) 847-44-19

E-mail: i_ershov@ngs.ru

URL: <https://sites.google.com/site/ivershov2011/>

Специальность: 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы

