

**ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук Нечаева Артема Тимуровича
на тему: «Исследование нестационарных течений, возникающих при
проникании через свободную границу тонких свободных или
затопленных струй жидкости»
по специальности 1.1.9. «Механика жидкости, газа и плазмы»**

Диссертация посвящена экспериментальному и численному исследованию ряда задач с пересечением свободными и затопленными струями свободной поверхности жидкости. В работе обнаружены новые эффекты, имеющие практическую значимость, что обуславливает актуальность темы исследования. Полученные результаты могут найти применение в повышении эффективности работы различных технических устройств, таких как аэраторы, смесители, флотаторы, генераторы волнообразования и т.д.

В первой главе диссертации экспериментально исследуется задачи о проникании свободных вертикальных струй в слой той же жидкости, находящейся в узком канале. Экспериментальная установка состояла из двух параллельных прозрачных пластин (с зазором 1 см), глубина слоя жидкости регулировалась вертикальными стенками-водосливами. Рассматривались струи, истекающие из плоской щели и из осесимметричного сопла. Установлено, что при течении в узких каналах имеют место автоколебательные режимы, для которых свойственно периодическое боковое перемещение затопленной части струи с внедренными при взаимодействии струи со свободной поверхностью пузырьками воздуха. Построены графики зависимостей периода автоколебаний от формы и размера сопла, его расстояния до свободной поверхности жидкости в установке и скорости вытекающей струи. Проведен анализ полученных зависимостей. Исследовано влияние таких факторов, как протяженность канала и расположение сопла относительно его центра. Также изучены течения, возникающие при внедрении в жидкость пары вертикальных свободных струй. Построены графики зависимостей периода автоколебаний от расстояния между струями и их скорости.

Вторая глава диссертации посвящена задачам с прониканием затопленных вертикальных струй через поверхность жидкости. Изучен процесс автоколебаний затопленного фонтана, находящегося в узком канале, создаваемого осесимметричной струей. Построены графики зависимостей периода автоколебаний фонтана от размера сопла, скорости вытекающей струи и уровня жидкости в канале. С помощью программного комплекса

STAR-CCM+ проведено трехмерное численное моделирование некоторых режимов фонтанирования.

Верификация комплекса проведена на серии экспериментов с автоколебаниями плоского затопленного фонтана, путем сравнения расчетов с эксперимента по частотам автоколебаний и форме волн на поверхности воды. Численно исследована задача о фонтанировании затопленной струи, подаваемой из прямоугольной щели в неограниченный объем жидкости, а также задача о взаимодействии пары затопленных фонтанов, создаваемых плоскими струями. Построены графики зависимостей периода автоколебаний от скорости струй. Проведена классификация режимов взаимодействия фонтанов, описаны особенности образующихся течений.

Третья глава диссертации посвящена экспериментальному изучению процесса проникания наклонных, как свободных, так и затопленных струй через свободную поверхность жидкости. Исследованы течения, возникающие при внедрении в жидкость двух плоских свободных струй, подаваемых под углом друг к другу (клиновидное сопло), так что между струями и свободной поверхностью образуется замкнутый воздушный объем. Отмечается, что в связи с колебаниями давления в замкнутом объеме в рассмотренном способе подачи струй автоколебания совершают также и свободные участки струй. Исследован процесс фонтанирования плоского затопленного фонтана, создаваемого наклонной струей, расположенной вблизи вертикальной стенки. Для обоих случаев построены графики зависимостей периода автоколебаний фонтана от угла наклона, скорости вытекающей струй и геометрических параметров задачи. Изучен процесс частичного и полного опорожнения сосуда с наклонной боковой стенкой, вдоль которой подается струя. Описан механизм эжектирования жидкости струей и построены зависимости времени опорожнения сосуда от размера сопла, угла наклона боковой стенки, глубины сосуда и скорости вытекающей струи.

В заключении приведены основные результаты, полученные в диссертации, достоверность которых обусловлена хорошей повторяемостью экспериментов и верификацией численных моделей.

ЗАМЕЧАНИЯ

1. При проникновении свободных струй в воду механизм автоколебаний связывается с поведением внедренных в жидкость пузырьков только на основании визуальных наблюдений. Нет оценок объемной концентрации пузырей и ее влияния на плотность и распределение давления в области двухфазного течения. В 1-й главе совсем не затрагивается вопрос о возможном влиянии на

автоколебания волновых структур, которые возникают в сосуде (канале) в результате колебаний.

2. Введенный параметр безразмерной вязкости, масштабированной по величине зазора между боковыми пластинами h и скорости $\sqrt{gh}$, имеет то достоинство, что одинаков во всей серии экспериментов. Но постоянство обеспечивается неизменностью в серии экспериментов расстояния между боковыми пластинами. В результате в явном виде отсутствует какая либо информация о влиянии вязкости в рассматриваемом течении. Кроме того, выбор в качестве масштабов длины и скорости постоянных величин не дает никакого преимущества при анализе результатов по сравнению с анализом размерных величин (частота автоколебаний от скорости струи).
3. На стр. 47 представлены данные об эксперименте с затопленной круглой струей начальным диаметром 0.1 см при скоростях до 100 м/с. В остальных случаях скорость составляла порядка нескольких м/с. Представляется, что здесь исследуются течения с различными порядками скоростей струи, но близкими импульсами. Тогда следовало бы напрямую сопоставить два таких варианта.
4. В уравнении движения, выписанном на стр. 51, отсутствует член учитывающий весомость жидкости. Очевидно это ошибка оформления.

Указанные замечания не умаляют ценность диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.1.9. – «Механика жидкости, газа и плазмы» (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. Автореферат правильно отображает содержание диссертации.

Таким образом, соискатель Нечаев Артем Тимурович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9. – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Официальный оппонент:

кандидат физ.-мат. наук, зав. лабораторией № 105 Института механики МГУ

« _____ »

Прокофьев Владислав Викторович

Дата подписания 02.10.2023

Контактные данные:

тел.: +7(916)9020931, e-mail: vlad.prokof@yandex.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы

Адрес места работы:

119991, (Москва) г. Мичуринский пр-т, д. 1, Институт механики МГУ

Тел.: +74959393121; e-mail: common@imec.msu.ru

Подпись сотрудника Института механики МГУ
В.В. Прокофьева удостоверяю:

Ученый секретарь Института механики МГУ

дата

03.10.2023

