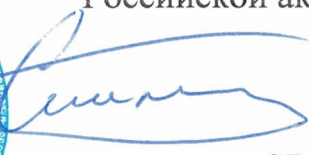


"Утверждаю"
Заместитель директора по научной работе
Федерального государственного
бюджетного научного учреждения
«Федеральный исследовательский центр
Институт прикладной физики
Российской академии наук»




В.А.Скалыга
07 ноября 2022 г

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Гузанова Владимира Владимировича, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук на тему: «Экспериментальное исследование трёхмерных волн на вертикально стекающих плёнках жидкости»
по специальности 1.1.9. - «Механика жидкости, газа и плазмы»

Диссертационная работа Гузанова Владимира Владимировича посвящена изучению трехмерных волн на вертикально стекающих пленках различных жидкостей. **Актуальность** данной работы заключается в том, что трехмерные режимы пленочного течения являются недостаточно изученными. На данный момент существуют исследования уединенных трехмерных волн, форма которых близка к форме волн в развитых трехмерных режимах, но данные, полученные в этих исследованиях, носят отрывочный характер.

В работе соискателя были исследованы режимы взаимодействия трехмерных подковообразных волн с высокочастотными двумерными волнами, изучена форма трехмерных волн, возникающих в процессе перехода от двумерного к трехмерному волновому движению, описаны сценарии волновой эволюции при переходе от двумерного к трехмерному волновому движению в определенном диапазоне чисел Рейнольдса. Эти результаты определяют **научную новизну** исследования, проведенного соискателем. **Практическая значимость** работы заключается в

возможности с помощью полученных автором данных верификации теоретических моделей, описывающих динамику пленочного течения, для последующего их использования в практических приложениях.

Использование автором современных методов измерений, сравнение полученных результатов с теоретическими и экспериментальными данными из литературы, а также обсуждение результатов на большом количестве конференций и семинаров говорит об их **достоверности**.

Структура диссертации: диссертация состоит из введения, четырёх глав и заключения. **Во введении** обоснована актуальность работы, сформулированы ее цели, отмечена теоретическая и практическая значимость.

В первой главе диссертации описывается текущее положение дел в области научных интересов автора диссертации. Отмечается, что наименее изученными и наиболее распространенными являются трехмерные волновые режимы. Кроме того перечисляются результаты экспериментальных и численных работ, а также теоретические модели трехмерных волн на поверхности пленок в том числе для неизотермического случая. Также в первой главе рассматриваются основные методы исследования пленочных течений.

Во второй главе приведены характеристики исследуемых жидкостей, схемы экспериментальных установок и оценки погрешности измерений. Автор описывает метод лазерно-индуцированной флуоресценции (ЛИФ), использующийся при проведении экспериментов, в том числе для высокоскоростной регистрации данных и для неизотермического случая, и модифицированный метод теневой фотографии. Также в главе приводится описание алгоритма численных расчетов, проводившихся в программном комплексе, реализующем модель Шкадова.

В главе 3 приводятся методики и результаты проведенных экспериментов по изучению трехмерных волн на поверхности жидких

пленок. В разделе 3.1 описывается исследование динамики локального возмущения в области, где пленка не возмущена. В эксперименте такое возмущение инициируется ударом капли исследуемой жидкости по поверхности пленки. Получено два режима развития возмущения: в виде цуга волн и, при более высоких энергиях возбуждения, в виде уединенной подковообразной волны. Динамика волн качественно хорошо совпадает с результатами численного моделирования на основе уравнений Капицы-Шкадова при значениях модифицированного числа Рейнольдса $\delta < 0.06$. Также в главе (раздел 3.2) идет речь об исследовании взаимодействия уединенной трехмерной волны с двумерными волнами. Говорится, что распространение трехмерной волны в области с низкочастотными двумерными волнами сопровождается постепенным затуханием амплитуды первой, тогда как в случае высокочастотных двумерных волн существует стабильный режим, при котором средняя амплитуда трехмерной волны постоянна.

В четвертой главе говорится об исследовании перехода от двумерного к трехмерному волновому движению. Получено, что в случае искусственного возмущения двумерных волн регулярной гребенкой игл при расстоянии между иглами $> 1,5$ см поперечный масштаб формирующейся в итоге трехмерной волновой структуры не зависит от расстояния между иглами гребенки. Также выяснено, что при определенных параметрах возможно формирование “струй” параллельных направлению течения пленки, что говорит о перераспределении жидкости в поперечном направлении. В эксперименте с большими длинами пробега пленки обнаружено три режима волновой эволюции двумерных волн в зависимости от значения числа Рейнольдса: отсутствие перехода к трехмерному режиму, формирование струй и трехмерные волны с менее выраженными струями.

Таким образом, в диссертации проведено достаточно подробное экспериментальное и численное исследование возникновения и динамики трехмерных волн на вертикально стекающих жидкостных пленках.

При чтении работы возник ряд замечаний, представленных ниже:

1. На наш взгляд, использование термина "солитон" применительно к описанию уединенных волн в стекающей пленке не вполне корректно. Под солитоном обычно понимают уединенную волну в нелинейной консервативной среде. В случае стекающей пленки среда является активной (имеется источник энергии для возмущений). В этом случае природе рассматриваемых возмущений более соответствует термин "уединенная автоволна" (или "уединенная волна", как пишет автор). Подобный комментарий был бы уместен в обзорной главе 1, где термин "солитон" употребляется при цитировании литературы.

2. В главе 3 при исследовании трехмерных волн рассмотрены два основных сценария эволюции начального возмущения: цуг и уединенные волны. Для сценария формирования цуга трехмерных волн при ударном возбуждении выполнено детальное сопоставление результатов эксперимента и результатов численного моделирования по модели Капицы-Шкадова (см. стр. 56). Также упоминается, что выполнялось численное моделирование для сценария формирования и распространения уединенной волны, однако никаких иллюстраций полученных результатов и сопоставления с данными эксперимента не приводится, но при этом утверждается, что модель Капицы-Шкадова позволяет качественно и количественно описывать эволюцию волн при всех основных сценариях.

3. Стр. 66-67. При исследовании взаимодействия трехмерных волн с регулярными двумерными волнами говорится о том, что в основном были реализованы случаи взаимодействия трехмерных волн с двумерными высокочастотными волнами из некоторого семейства γ_1 , для которых характерна независимость амплитуд от частоты. При этом не указан

диапазон изменения частот этого семейства волн и диапазон амплитуд (возмущений расхода), который при этом может реализоваться.

4. В четвертой главе автор описывает обнаруженное им новое явление формирования “струй” параллельных направлению течения пленки при эволюции двумерных волновых фронтов, создаваемых за счет периодических колебаний расхода жидкости в пленке. К сожалению, в диссертации не представлено хотя бы качественного объяснения наблюдаемого явления.

5. В диссертации имеются опечатки, отсутствие знаков препинания иногда препятствует пониманию смысла написанного.

Высказанные замечания носят рекомендательный характер и не подвергают сомнению общий высокий научный уровень работы и обоснованность выводов и положений, выносимых на защиту.

Заключение. Диссертация является законченным научным исследованием, в котором детально изучена динамика трехмерных волн на вертикально стекающих жидкостных пленках. Исследование проведено с использованием современного оборудования и с применением актуальных экспериментальных методик, таких как метод лазерно-индуцированной флуоресценции (ЛИФ) и модифицированный метод теневой фотографии. Все это требует незаурядного мастерства и квалификации, продемонстрированных соискателем. Полученные результаты имеют фундаментальное значение и могут быть далее использованы в том числе для верификации численных расчетов и теоретических моделей, описывающих динамику пленочного течения, для последующего их использования в практических приложениях.

Результаты диссертации опубликованы в 42 работах, из которых 17 – статьи, опубликованные в рецензируемых журналах, удовлетворяющих требованиям ВАК, автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Диссертационная работа Гузанова Владимира Владимировича полностью соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а сам автор заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 – Механика жидкости, газа и плазмы.

Отзыв подготовлен кандидатом физико-математических наук заведующим лабораторией экспериментальных методов в геофизической и технической гидродинамике отдела нелинейных геофизических процессов ИПФ РАН Даниилом Александровичем Сергеевым и кандидатом физико-математических наук научным сотрудником отдела нелинейных геофизических процессов ИПФ РАН Анной Николаевной Зотовой.

Отзыв на диссертацию заслушан, обсужден и одобрен на семинаре Отделения геофизических исследований ИПФ РАН 21 октября 2022 г.

Сведения о ведущей организации: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук» (ИПФ РАН)
Адрес: 603950, г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46.
Телефон: +7 (831) 436-82-97
E-mail: dir@ipfran.ru
Сайт: <https://ipfran.ru>

Заведующая отделом
нелинейных геофизических процессов ИПФ РАН
Доктор физико-математических наук  Троицкая Юлия Игоревна

Подпись
доктора физ.-мат. Троицкой Юлии Игоревны заверяю

Ученый секретарь ИПФ РАН
к.ф.-м.н.  Корюкин Игорь Валерьевич

Заведующий лабораторией
экспериментальных методов в геофизической и технической
гидродинамике ИПФ РАН
Кандидат
физико-математических наук  Сергеев Даниил Александрович



Подпись

кандидата физ.-мат. наук Сергеева Даниила Александровича заверяю

Ученый секретарь ИПФ РАН

к.ф.-м.н.



Корюкин Игорь Валерьевич

Научный сотрудник ИПФ РАН

Кандидат физико-математических наук  Зотова Анна Николаевна

Подпись

кандидата физ.-мат. наук Зотовой Анны Николаевны заверяю

Ученый секретарь ИПФ РАН

к.ф.-м.н.



Корюкин Игорь Валерьевич