

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертационную работу Квона Александра Зедоновича «Структура и эволюция трехмерных волн на поверхности стекающих пленок жидкости», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 – Механика жидкости, газа и плазмы.

Течение пленок жидкости под действием силы тяжести находит применение в системах охлаждения, химических реакторах, испарителях, теплообменниках, и т.д. Поверхность пленки жидкости претерпевает сложную эволюцию с развитием течения вниз по потоку. На ней происходит формирование двумерных нелинейных волн, их распад на трехмерные волны, формирование продольных струй. Волновое движение приводит к интенсификации теплообмена, а формирование струй – к поперечной неравномерности орошения поверхности. Исследование взаимодействия двумерных и трехмерных волн с продольными струями в процессе развития пленочного течения предъявляет высокие требования к измерительным методам. Визуализация течения не дает количественной информации о локальной мгновенной толщине пленки жидкости, а локальные методы (метод проводимости/ёмкости, хроматический конфокальный метод, метод смещения лазерного фокуса и т.п.) не позволяют построить целостное представление о процессах взаимодействия различных структур на поверхности пленки. Одним из немногих методов, позволяющих получать трехмерные поля толщины пленки, является метод лазерно-индуцированной флюоресценции (ЛИФ). В общем случае информации о толщине пленки недостаточно для описания закономерностей пленочного течения: важно также знать поле скорости в пленке жидкости. Измерение даже двумерных полей скорости в тонких слоях жидкости является сложной задачей, и таких экспериментов немного. Измерений трехмерных полей скорости в пленках жидкости ранее не проводилось. Эта задача может быть решена с использованием пленоптической камеры (камеры светового поля).

Александр Квон в совершенстве освоил эти два метода. Если метод ЛИФ активно применяется в ИТ СО РАН с 2005 года, то измерение объемных полей скорости при помощи пленоптической камеры – уникальная специализация соискателя. Подобных экспериментов в пленках жидкости не проводит ни одна исследовательская группа в мире. В ходе исследований Александр существенно развил методику, как в плане повышения достоверности измерений, так и в плане упрощения калибровки и обработки данных. Кроме того, методика была применена к смежной задаче – измерениям поля скорости вблизи границы раздела двух жидкостей.

В диссертации при помощи метода ЛИФ количественно исследовано взаимодействие двумерных и трехмерных волн с продольными струями. Показано, что устойчивые продольные струи подавляют двумерные волны, что приводит к снижению амплитуды волн вниз по потоку. Возбужденные волны подавляются сильнее естественных. При этом, несмотря на снижение амплитуды, возбужденные волны сохраняют регулярность. В отсутствие устойчивых струй волновая структура пленки стабилизируется вскоре после перехода к трехмерному волновому режиму. Возбужденные волны в этом случае утрачивают регулярность. Амплитуда трехмерных волн демонстрирует автомодельное поведение с увеличением числа Рейнольдса жидкости.

При помощи одновременного использования двух подходов впервые показано наличие поперечных перетоков жидкости в разных частях трехмерной волны: оттока жидкости от центра волны под гребнем и притока к центру во впадинах капиллярного предвестника. Возможно, именно отток жидкости от центра трехмерной волны приводит к описанному выше подавлению амплитуды волн продольными струями. Универсальность полученных закономерностей подтверждена экспериментами в широком диапазоне режимных параметров и свойств рабочей жидкости. Экспериментальные результаты позволили проверить достоверность современных теоретических моделей трехмерного волнового течения пленок жидкости.

Считаю, что диссертационная работа является законченным научным исследованием, показывающим высокую квалификацию соискателя, а ее автор, Квон Александр Зедонович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 – Механика жидкости, газа и плазмы.

Научный руководитель,
в.н.с. лаб. 6.3 ИТ СО РАН
д.ф.-м.н.

Черданцев Андрей Викторович
2.03.2026

Подпись Черданцева Андрея Викторовича заверяю.

Ученый секретарь ИТ СО РАН,
к.ф.-м.н.



Ягодницына Анна Александровна