

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Рандина Вячеслава Валерьевича «Гидродинамическая структура и теплообмен двухфазных газожидкостных потоков», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы

В настоящее время в ряде отраслей промышленности при разработке и совершенствовании технологических процессов, технических установок и устройств реализуются двухфазные системы «жидкость – газ». В этой связи возникает проблема выявления особенностей гидродинамических и теплообменных процессов, сопровождающих такой транспорт газожидкостной смеси по каналам при различных режимах течения.

Стоит отметить, что исследование закономерностей указанных процессов является достаточно сложной и многогранной научной и прикладной задачей. С точки зрения теоретического исследования двухфазных потоков значительные сложности вызывает построение замкнутых математических моделей, а также построение в общем виде аналитических и численных решений рассматриваемых задач. В плане опытно-промышленного изучения газожидкостного течения в различных каналах такая сложность и многогранность обусловлена значительными трудностями проведения лабораторного и/или промыслового эксперимента при наличии большого разнообразия межфазных и внутрифазных взаимодействий, а также и быстротой протекания процессов. Требуется знание ряда параметров, таких как скорости движения фаз и трение на стенке, пульсационные характеристики трения и скорости, толщина пленки жидкости на стенке канала, поверхностное натяжение на межфазных границах и т.д. Для этого нужно развивать методики проведения комплексных экспериментальных исследований гидродинамической структуры газожидкостных течений в различных условиях.

Необходимо проведение лабораторных исследований с целью построения баз данных и карт режимов течения. Экспериментальные исследования газожидкостных потоков способны существенным образом дополнить и расширить имеющиеся представления об изучаемых явлениях.

В этой связи диссертационная работа В.В. Рандина, направленная на экспериментальное изучение газожидкостных течений в различных условиях, нахождение локальных средних и пульсационных характеристик двухфазных потоков имеет, несомненно, научное и практическое значение. Разработка оригинального метода лабораторного исследования гидродинамических и теплообменных процессов в каналах разной направленности, получение широкого набора детальных экспериментальных данных о структуре газожидкостных течений и теплообмене в широком диапазоне геометрических режимных параметров определяет **актуальность** представленной работы и **соответствие диссертации паспорту** специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

В основном можно согласиться с формулировками автора о **новизне работы**. Наиболее существенными новыми элементами являются: 1) развитие методики проведения экспериментальных исследований гидродинамических и теплообменных процессов, сопровождающих газожидкостное течение в каналах в различных условиях; 2) для случая опускного пузырькового течения обнаружение эффекта подавления турбулентных пульсаций трения и скорости, а также установление того факта, что с увеличением объемного расходного газосодержания растет степень отличия локальных гидродинамических характеристик двухфазного потока от однофазного; 3) результаты экспериментального изучения опускного пузырькового течения при докритических числах Рейнольдса, а именно: установлено сильное влияние газовой фазы на параметры течения даже при весьма небольших значениях расходного газосодержания; показано, что характерной чертой опускного течения является концентрация пузырей в центральной части потока и уменьшение крутизны профиля скорости жидкости в центре канала;

4) методика исследования характеристик восходящего газожидкостного потока для случая снарядного режима течения; результаты экспериментального исследования локальных гидродинамических параметров для такого течения, в частности, показано, что величина осредненного значения силы трения на стенке в пленке, обтекающей газовый снаряд (пузырь Тейлора), уменьшается по мере удаления от передней части снаряда и при больших значениях длины пузыря Тейлора в пленке, обтекающей газовый снаряд, может реализоваться возвратное течение; для разных значений газосодержаний и длины газового снаряда характер изменения величины силы трения с ростом расстояния от начала снаряда остается практически неизменным; 5) экспериментальное установление того факта, что для газожидкостного пузырькового течения в прямоугольном канале переменной ориентации угол наклона канала оказывает существенное влияние на величину трения двухфазного потока о стенки канала и интенсивность теплообмена.

Экспериментальное исследование изучаемых в диссертации явлений осуществлено на базе современных методов измерения параметров газожидкостных потоков. **Обоснованность и достоверность** результатов работы подтверждаются использованием апробированных методик проведения экспериментов, воспроизводимостью экспериментальных режимов, строгим анализом погрешностей всех измерений. Полученные результаты согласуются с экспериментальными и теоретическими данными других авторов.

Научная и практическая ценность диссертации обусловлена, прежде всего, важностью практических приложений, послуживших мотивацией для экспериментального изучения гидродинамических структур и теплообмена газожидкостных потоков. Проведенные исследования охватывают достаточно широкий спектр задач данной проблемы и позволяют решать актуальные прикладные задачи. Результаты диссертационной работы могут быть использованы для совершенствования специализированных программных продуктов для расчета параметров газожидкостного течения в скважинах и трубопроводах, для выбора наиболее эффективных методов управления

тепломассопереносом в двухфазных потоках. Разработанные в работе методы эксперимента могут быть применены при отработке различных технологических процессов, технических установок и устройств, в которых реализуются двухфазные системы «жидкость – газ», и заслуживают упоминания в учебных курсах по механике многофазных сред. Полученные автором детальные экспериментальные данные о структуре газожидкостных течений и теплообмене в разных условиях исключительно интересны с научной точки зрения, т.к. дают представление о динамике развития той или иной структуры течения и теплообменных процессов в зависимости от различных параметров.

В качестве **замечаний** хотелось бы высказать следующее:

1. В диссертации целая глава отведена изложению результатов предшественников; методически анализ этих результатов должен служить обоснованием постановки последующих исследований. К сожалению, диссертант ушел от каких-либо выводов и ограничился нейтральным перечислением результатов, ранее полученных другими исследователями. В дальнейшем такая позиция привела к тому, что читатель, глубоко не изучающий тематику диссертации, часто не в состоянии должным образом оценить оригинальность результатов В.В. Рандина. Также, на мой взгляд, не стоило в этой главе приводить описание некоторых работ диссертанта (позиции 1, 2, 10, 109, 110 в списке литературы), хоть и выполненных в соавторстве с другими исследователями.

2. Для теории газожидкостного течения в каналах традиционным является построение карт режимов течения, которые дают возможность выбора параметров эксплуатации трубопроводов, исходя из различных условий. Было бы крайне интересно представить результаты проведенных автором исследований в таком виде для изученных режимов течения. Также стоит отметить, что данное замечание можно рассматривать с позиции пожеланий для дальнейшего развития исследований.

3. На стр. 125 автором на основе анализа рис. 3.44 делается вывод о том,

что при значении введенного параметра $yu_{\tau}/v > 100$ появляется второй пик пульсаций скорости жидкости. При этом в диссертации отмечается, что погрешность измерения пульсаций скорости жидкости составляет 15%. Автору на рисунке стоило привести доверительный интервал для измеренных параметров, иначе трудно визуально определить, отличается ли значение на указанном пике пульсаций скорости жидкости от других значений (например, при $yu_{\tau}/v = 100$) на величину, превосходящую отмеченную погрешность измерения.

4. Диссертация не свободна от опечаток, стилистических и смысловых погрешностей (например, «...обеих двух фаз...», «...в стороне от оси трубы ...», «...теории длины пути смещения...» и т.п.). На стр. 79 дважды приведен один и тот же рисунок. Рис. 2.3-2.5, 3.2, 4.2 и 4.3 размещены в диссертации до их первого упоминания в тексте.

Сделанные замечания не влияют на общую оценку работы, которая заключается в следующем.

Диссертационная работа Рандина В.В. выполнена на высоком научном уровне. Список публикаций, приведенный в автореферате диссертационной работы, указывает на проработку всего круга поставленных перед соискателем задач. Текст автореферата в полной мере отражает содержание всего объема результатов исследований. Материалы диссертационной работы докладывались на международных и российских научных конференциях, опубликованы в научных статьях, в том числе в рецензируемых научных журналах, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук. Приведены теоретические положения и практические рекомендации, совокупность которых можно квалифицировать как новое крупное достижение в научном обосновании технологий и технических устройств, в которых реализуются газожидкостные течения.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертация В.В. Рандина «Гидродинамическая структура и теплообмен двухфазных газожидкостных

потоков» является законченной научно-квалификационной работой и по своим квалификационным признакам соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842), предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор – Рандин Вячеслав Валерьевич – заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

Я, Мусакаев Наиль Габсалямович, даю свое согласие на включение своих персональных документов в документы, связанные с защитой диссертации Рандина Вячеслава Валерьевича, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент,
главный научный сотрудник – заместитель
директора Тюменского филиала Института
теоретической и прикладной механики
им. С.А. Христиановича СО РАН по научной работе,
доктор физико-математических наук
(специальность 01.02.05 – механика
жидкости, газа и плазмы), профессор



Мусакаев Наиль Габсалямович

02.09.2019

Адрес: РФ, 625026, г. Тюмень, а/я 1507, ТюмФ ИТПМ СО РАН,
e-mail: musakaev@ikz.ru, тел. (3452) 682745