

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата физико-математических наук, доцента

Кошелева Константина Борисовича

на диссертацию Дьяковой Ольги Алексеевны

«ТЕЧЕНИЯ НЕНЬЮТОНОВСКОЙ ЖИДКОСТИ В КАНАЛАХ
РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЫ С УСЛОВИЯМИ СКОЛЬЖЕНИЕ–ПРИЛИПАНИЕ
НА ТВЕРДОЙ СТЕНКЕ»,

представленную на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук

по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы

Актуальность темы диссертации. Исследования течений реологически сложных жидкостей в каналах различной конфигурации представляют большой интерес не только для научного сообщества, но и ввиду их практической значимости во многих областях промышленности, среди которых химическая и нефтегазовая, металлургическая, топливно-энергетическая и машиностроительная индустрии. Не смотря на большое количество существующих данных о таких течениях, потребность в новых исследованиях не уменьшается в виду создания новых материалов с неизученными свойствами, производство которых требует усовершенствования оборудования и технологий. В связи с этим актуальность настоящей работы определяется практической значимостью исследований течений реологически сложных жидкостей в каналах различной формы и необходимостью создания средств математического моделирования для изучения соответствующих течений. Следовательно, диссертационная работа Дьяковой О. А., которая посвящена изучению особенностей течения реологически сложной жидкости в каналах с учетом двух моделей взаимодействия жидкости с твердой стенкой является достаточно актуальной.

Оценка содержания диссертационной работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы, включающего 119 наименований. Общий объем работы составляет 108 страниц и включает 52 рисунка и 2 таблицы.

В первой главе представлен обзор литературы, в которой приведены результаты экспериментальных и численных исследований течений как ньютоновских, так и неньютоновских жидкостей с учетом явления проскальзывания вдоль твердых стенок.

Во второй главе рассмотрены наиболее распространенные методы дискретизации системы уравнений, описывающих рассматриваемые течения, а также подробно описан выбранный метод решения поставленной задачи и особенности его реализации на ЭВМ.

Третья глава посвящена численному моделированию течения неньютоновской несжимаемой жидкости в L-образном канале при заданном расходе на входной границе; на твердых стенках рассмотрены две модели взаимодействия жидкости с твердой стенкой, которые соответствуют условию прилипания и условию проскальзывания Навье. Отдельное внимание уделяется тестированию разработанной численной методики и особенностям, возникающим при реализации этой методики в случае движения в L-образном канале. Проведены параметрические исследования течения в зависимости от основных параметров задачи.

В четвертой главе представлены результаты численного моделирования течения степенной несжимаемой жидкости в T-образном канале при заданных значениях давления на границах втекания / вытекания; на твердых стенках, рассмотрены условия прилипания и проскальзывания Навье. Выполнено тестирование созданной численной методики, описаны особенности ее реализации в случае движения в T-образном канале. В результате параметрических исследований выявлены характерные режимы течения и их особенности.

Научная новизна исследования. Научная новизна заключается в следующем:

1. Сформулированы математические постановки задач о течениях неньютоновской несжимаемой жидкости в L- и T-образных каналах с учетом двух моделей взаимодействия жидкости с твердой стенкой при различных условиях на

границах втекания / вытекания и разработан оригинальный пакет программ для ЭВМ, позволяющий проводить расчеты рассматриваемых гидродинамических процессов.

2. Получены результаты параметрических исследований течения степенной жидкости в плоском L-образном канале с условиями скольжение–прилипание на твердой стенке при заданном расходе во входном сечении. Выявлено влияние геометрических характеристик области течения, реологических свойств рассматриваемой среды, вида граничного условия на твердых стенках на структуру и характеристики потока.

3. Получены результаты параметрических исследований течения степенной жидкости в плоском Т-образном канале с условиями скольжение–прилипание на твердой стенке при заданных значениях давления на границах втекания / вытекания. Продемонстрировано влияние параметров задачи на распределения кинематических и динамических характеристик течения. Выявлены характерные режимы и описаны их особенности, построены диаграммы и критериальные зависимости от основных параметров задачи.

Степень достоверности и обоснованность результатов диссертационного исследования. Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивается формулировкой математических моделей, адекватно описывающих рассматриваемые физические процессы, и подтверждается тестовыми расчетами и согласованием полученных результатов с данными экспериментальных и численных исследований других авторов.

Значимость диссертационной работы для науки и практики. Теоретическая значимость диссертации заключается в создании средств математического моделирования течений неньютоновских жидкостей в каналах различной формы с условиями скольжение–прилипание на твердых границах. С помощью созданных средств математического моделирования были получены новые знания о движении степенной жидкости в L- и Т-образных каналах с учетом двух моделей взаимодействия жидкости с твердой стенкой при различных условиях на границах втекания / вытекания. Результаты проведенных

исследований и разработанный программный комплекс могут быть использованы для прогнозирования режимов течения реологически сложных сред в каналах, что имеет практическую значимость при проектировании и конструировании оборудования в технологиях различного назначения.

Публикации. Выносимые на защиту положения и результаты с достаточной полнотой отражены в 23 работах, в том числе в 3 статьях в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, 1 статье в прочем научном журнале, 4 статьях в сборниках материалов конференций, опубликованных в изданиях, входящих в Web of Science и Scopus, 14 публикациях в сборниках материалов международных, всероссийских конференций; получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Вопросы, замечания и рекомендации:

1. Цитата «Формулировка математических постановок задач и разработка вычислительной методики расчета течений неньютоновской несжимаемой жидкости в каналах различной формы». На самом деле вычислительная методика годится только для двумерных каналов, для которых можно построить ортогональную разностную сетку в декартовой системе координат.

2. Цитата «...исследуются две модели взаимодействия жидкости с твердой стенкой». Однако модель прилипания является частным случаем модели Навье при коэффициенте проскальзывания, равным нулю.

3. Из множества существующих реологических моделей выбрана одна модель (закон Оствальда-де Виля) без объяснений этого выбора.

4. Раздел 2.2 во многом повторяет монографию Патанкара. Условия сходимости записаны с ошибками. Предлагаемый метод Гаусса-Зейделя для решения системы линейных уравнений не слишком эффективен для расчета течений с обширными рециркуляционными зонами. Современные численные методы используют те, или иные методы параллельных вычислений. Соискатель

почему-то не воспользовался этой возможностью резко увеличить вычислительную производительность. К тому же выбран вычислительно довольно трудоемкий вариант получения коэффициентов дискретных уравнений для компонентов скорости, требующих использования экспоненциальной функции.

5. В таблице 3.1 при уменьшении шага по пространству в 2 раза (с $1/20$ до $1/40$) ошибка при использовании модели 2 уменьшается в 5 раз. Такая «сверхсходимость» требует объяснений.

6. Представляется, что можно было бы выбрать 3-6 параметров (Re , m , β , ...). Для разумного диапазона значений параметров в этом фазовом пространстве создать базу данных расчетов задачи. Это, скорее всего, потребовало бы проведения несколько десятков тысяч расчетов (для этого стоило бы уделить больше внимания производительности вычислений). Зато в полученном фазовом пространстве можно было бы легко строить любые графики и получать нужные аппроксимирующие зависимости (например, размер рециркуляционных зон как функция 3-6 параметров).

В целом, данные замечания не снижают научную и практическую значимость работы и не могут повлиять на положительную оценку диссертационной работы Дьяковой О. А.

Заключение. Диссертация Дьяковой Ольги Алексеевны характеризуется четкой последовательностью, научным изложением, является законченным исследованием, выполнена на высоком уровне и удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автореферат по своему содержанию в полной мере отражает структуру, основные результаты и выводы диссертации.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что диссертационная работа Дьяковой Ольги Алексеевны «Течения неньютоновской жидкости в каналах различной формы с условиями скольжение–прилипание на твердой стенке» по содержанию, научной новизне, объему проведенных исследований, научной и практической значимости результатов полностью

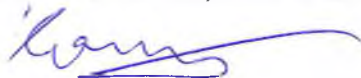
соответствует требованиям п. 9 действующего Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор Дьякова Ольга Алексеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы.

Старший научный сотрудник лаборатории гидрологии и геоинформатики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук,

кандидат физико-математических наук

(01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы),

доцент



Кошелев Константин Борисович

7 августа 2019 года

Подпись Кошелева К. Б. удостоверяю

Заместитель директора по научной работе

ИВЭП СО РАН



Д. М. Безматерных

Сведения об организации: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук, 656038, Барнаул, ул. Молодежная, 1; (3852) 666460; iwep@iwep.ru; <http://www.iwep.ru>