

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Подрябинкина Евгения Викторовича *"Моделирование течений ньютоновских и неньютоновских жидкостей в цилиндрическом зазоре"*, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы

В диссертационной работе Подрябинкина Евгения Викторовича рассмотрен круг задач, связанный с исследованием течений вязких сред в зазоре между двумя цилиндрическими каналами, расположенными с эксцентриситетом при наличии вращения внутреннего канала. Течения такого рода встречаются в подшипниках скольжения, центрифугах, ротационных вискозиметрах, а также возникают при бурении скважин.

Таким образом, тема диссертационной работы Подрябинкина Евгения Викторовича является важной и **актуальной, как с практической**, так и с фундаментальной точки зрения.

Диссертационная работа Подрябинкина Е.В. состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы. Работа содержит 133 страницы, 61 рисунок, 5 таблиц, список литературы из 122 наименований.

Целью работы является исследование ламинарных и турбулентных течений ньютоновских жидкостей, псевдопластических и вязкопластических сред в зазоре между двумя цилиндрическими каналами с эксцентриситетом и вращением внутреннего цилиндра. Основой подхода, используемого в работе метода, является численное моделирование с использованием современных методов механики жидкости.

Научная новизна результатов диссертационной работы Подрябинкина Е.В. обусловлена получением ряда новых ранее неизвестных результатов. В ходе выполнения исследований в широком диапазоне параметров изучена структура ламинарных и турбулентных течений жидкости Балкли – Хершеля в цилиндрическом зазоре при наличии эксцентриситета и вращения внутреннего цилиндра; построена корреляция для определения коэффициента сопротивления, учитывающая реологию жидкости, а также различные отношения диаметров и вращение стенок трубы; разработан алгоритм для быстрого нахождения интегральных характеристик потока на основе интерполяции полученных результатов с использованием методики сжатия данных.

Основные научные результаты, полученные лично соискателем.

1. Установлено, что вращение внутреннего цилиндра приводит к снижению перепада давления при ламинарном течении псевдопластической жидкости в цилиндрическом канале.
2. Показано, что отношение напорного и вращательного чисел Рейнольдса при течении вязкопластических сред определяет основной механизм формирования квазитвердых областей.
3. Обнаружено, что тангенциальная компонента силы гидродинамической реакции, действующая на внутренний цилиндр, индуцирует его прецессионное движение в направлении вращения.
4. Установлено, что в псевдопластических жидкостях турбулизация течения может приводить к снижению перепада давления по сравнению с ламинарным течением при том же расходе.
5. Предложен интерполяционный алгоритм для быстрого определения перепада давления и поля скорости.

Полученные результаты качественно **соответствуют** наблюдаемым экспериментальным закономерностям.

Практическое значение работы заключается в возможности использования полученных результатов для определения характеристик течения вязких сред в технологических устройствах с целью управления процессом перепада давления в каналах, оптимизации перемешивания и теплообмена. Быстрые интерполяционные алгоритмы могут применяться для создания новых и оптимизации существующих технологий транспортировки вязких сред.

Пакет программ, разработанный соискателем интегрирован в программный комплекс Advantage, разработанный для автоматизации и контроля над процессом бурения скважин компанией Baker Hughes. Это позволило более точно прогнозировать давления в скважине, а также режимы бурения и выноса шлама.

Достоверность полученных теоретических результатов обеспечивается строгостью математических постановок задач, использованием апробированных численных методов, проведением тестирования и верификации численных алгоритмов на основе сравнения с аналитическими решениями и результатами расчетов других авторов, а также хорошим согласованием полученных результатов с данными различных экспериментов.

Таким образом, результаты исследований, представленные в рецензируемой диссертации можно квалифицировать как законченное **решение имеющей важное научно-**

практическое значение проблемы связанной с исследованием течения вязких ньютоновских и неньютоновских сред.

Полнота изложения материалов диссертации **достаточно высока**. По теме диссертационного исследования **опубликовано 22** научные работы, в том числе 4 статьи в рецензируемых журналах. Результаты диссертационной работы неоднократно **докладывались** на Российских и Международных конференциях.

Содержание автореферата **соответствует** основным положениям диссертации.

Следует отметить, что наряду с достоинствами рецензируемая работа имеет следующие **недостатки**:

1. Хорошо известно, что степенные жидкости в зависимости от значений показателя нелинейности подразделяются на псевдопластические и дилатантные, обладающие различными свойствами. Так, эффективная вязкость псевдопластических сред с ростом скоростей сдвиговых деформаций уменьшается, а дилатантных – увеличивается. В диссертационной работе рассматриваются течения только псевдопластических сред. При этом полученные выводы некорректным образом распространяются на весь класс степенных жидкостей.
2. Известно, что в зависимости от радиального распределения тангенциальной скорости кинетическая энергия пульсационного движения может переходить в потенциальную энергию вращательного движения или наоборот. Учет этих эффектов осуществляется введением корректирующих множителей в модель турбулентности, зависящих от турбулентного и градиентного чисел Ричардсона. В настоящей работе такая коррекция не произведена. Поэтому требуется дополнительные обоснования для утверждений о влиянии вращения цилиндра на характеристики турбулентности в потоке.
3. В тексте диссертации отсутствует описание граничных условий, используемых при моделировании поля течения. Если на твердых стенках постановка граничных условий возможна единственным образом (условия прилипания), то на входе и в выходном сечении возможны различные способы задания поля скорости и давления. Кроме того, интенсивность турбулентности на входе в канал может оказывать влияние на структуру потока, а при течении вязкопластических сред и на процесс формирования жестких зон квазитвердого течения. Таким образом, информация об условиях на границах расчетной области в обязательном порядке должна присутствовать в тексте диссертации.
4. На странице 44 содержится утверждение, что эффективный коэффициент вязкости зависит от **первого** инварианта тензора скоростей деформации. Это утверждение является ошибочным. Впрочем, эта ошибка, скорее всего, техническая. Правильное

утверждение: эффективный коэффициент вязкости зависит от **второго** инварианта девиатора тензора скоростей деформаций.

5. В тексте диссертации имеются опечатки.

Несмотря на отмеченные недостатки, работа Подрябинкина Евгения Викторовича **удовлетворяет требованиям** ВАК РФ, предъявляемым на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

Методы исследования и полученные автором результаты свидетельствуют о высокой квалификации соискателя. Считаю, что Подрябинкин Евгений Викторович **заслуживает** присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

Профессор кафедры теоретической механики Томского
Государственного Архитектурно-Строительного
Университета,

д.ф.-м.н.

Матвиенко О.В.

Подпись Матвиенко О.В. заверяю.

Ученый Секретарь Томского Государственного
Архитектурно-Строительного Университета



Какушкин Ю.А.

30.04.2014.