

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Синькова Константина Федоровича «**Развитие гидродинамических моделей многофазных течений в трубопроводах**», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

Предметом диссертационной работы Синькова Константина Федоровича является моделирование многофазных течений в трубопроводах. Данное исследование актуально для многих приложений в промышленности, в частности, в химическом производстве, нефте- и газодобыче, трубопроводном транспорте. Ввиду ее практической важности задача о двухфазных течениях в длинных трубах представляет собой активно развивающуюся область фундаментальных исследований. Для решения различных практических задач и описания реальных течений были разработаны многочисленные симуляторы газожидкостных течений и течений суспензий. Тем не менее, на данный момент остается большое количество открытых вопросов при моделировании таких течений. Задачи о гидравлическом транспорте жидкостями твердых материалов и капсул также могут быть востребованы в нефтегазовой отрасли, в частности, для описания выноса обломков породы при бурении скважин, гидроразрыве пласта. Таким образом, тема диссертационной работы является актуальной.

Диссертация состоит из введения, двух глав, заключения, списка литературы и двух приложений.

Во введении обоснована актуальность, сформулированы цели работы, перечислены положения, выносимые на защиту, изложено обоснование новизны и практической значимости исследования и описана структура диссертации.

В первой главе изучаются свойства модели дрейфа для нестационарных газожидкостных течений в длинных трубопроводах. Литературный обзор в первом разделе включает в себя описание модели дрейфа и известных результатов о характеристических свойствах системы уравнений, постановку класса задач о пробковом режиме течения. Во втором разделе сформулированы условия, при которых модель дрейфа следует из законов сохранения как асимптотический предел, и определена область ее применимости. Вычисляются характеристические скорости систем уравнений модели дрейфа в двух формулировках, делаются выводы об областях гиперболичности систем и определяются требования к замыкающим соотношениям, позволяющие обеспечить гиперболичность и корректную постановку краевой

задачи в практически интересной области параметров течения. В третьем разделе приведено численное исследование задачи о пробковом режиме течения в W-образном трубопроводе. Описаны алгоритм численного решения уравнений и его верификация. С помощью численных расчетов установлены значения эмпирических параметров замыкающих соотношений модели дрейфа, позволяющие получить качественное и количественное совпадение результатов моделирования с экспериментальными данными.

Вторая глава диссертации посвящена задачам о гидравлическом транспорте. В первом разделе приведен обзор литературы. Во втором разделе описана модель, позволяющая получить распределение частиц твердой фазы по сечению для течения осаждающейся суспензии в горизонтальном канале. В третьем разделе построена осесимметричная стационарная модель гидравлического транспорта пористого упругого тела степенной жидкостью в вертикальной трубе. Проведено подробное исследование перепада давления на единицу длины трубы и скорости движения тела как функций определяющих параметров задачи. В предположении, что предельное сдвиговое напряжение сравнимо с упругими напряжениями в скелете тела, исследован вопрос перехода части тела в пластическое состояние. Изучена зависимость предельного радиуса тела, при котором скелет остается упругим, от предельного сдвигового напряжения, скорости течения и свойств несущей жидкости. Для случая концентрического транспорта нейтрально-плавучей капсулы в ньютоновской жидкости и турбулентном режиме течения проведено обобщение известной модели, основанное на использовании универсального логарифмического распределения скоростей и позволяющее определить скорость движения капсулы и коэффициент сопротивления для произвольно высоких чисел Рейнольдса. Приведено сравнение и показано согласие результатов расчета с экспериментальными данными.

В заключении перечислены основные результаты диссертационной работы.

В приложениях А и В приведено описание используемых в работе замыкающих соотношений модели дрейфа и вывод аналитических решений задач, полученных автором для верификации численной реализации решения уравнений модели дрейфа.

Диссертация хорошо оформлена, и основные результаты представлены полно и последовательно. Тем не менее, по тексту и содержанию диссертации имеются следующие замечания:

1. В первой главе используются различные обозначения для размерных и безразмерных переменных. Во второй главе обозначения не различаются, что затрудняет понимание.
2. На стр. 28 в качестве одного из основных предположений, используемых при выводе уравнений движения газожидкостной смеси в трубе указано, что течение считается симметричным. Между тем, последующий вывод осредненных по сечению уравнений движения не требует выполнения данного предположения. Оно использовано лишь при

выводе значений коэффициентов в модели дрейфа для некоторого модельного распределения плотности газа поперек трубы, которое не используется в дальнейшем при расчетах течения в наклонной трубе. Таким образом, предположение об осесимметричности течения при постановке задачи является излишним, снижающим общность полученных результатов.

3. Следовало указать, когда установленные границы применимости модели дрейфа могут нарушаться в проведенных расчетах течений в наклонных трубах. Это может происходить, например, при выходе жидкой пробки. В этом случае при проникновении газа в восходящую секцию трубы могут образовываться большие пузыри газа, может быстро нарастать расход жидкости, т.е. возможно нарушение условия безинерционности течения. Следует также объяснить, как это может отразиться на результатах расчетов.
4. После уравнения (2.2) не определен введенный коэффициент турбулентной диффузии с индексом 0.

Указанные замечания не снижают положительной оценки и высокого научного уровня работы и носят скорее характер рекомендаций, которые автор может учесть в последующей работе.

Обоснованность положений и выводов диссертационной работы обеспечена использованием хорошо апробированных математических методов и численных алгоритмов. Их достоверность подтверждена сравнением численных результатов с аналитическими решениями модельных задач, полученных автором, и экспериментальными данными. Полученные в работе результаты являются существенным развитием теории двухфазных течений в трубах.

Основные результаты диссертации докладывались на российских и международных конференциях и опубликованы в 13 научных трудах, в том числе в 2 статьях в журналах из списка ВАК РФ.


Результаты диссертации могут быть использованы при создании симуляторов нестационарных газожидкостных течений и проектировании систем гидравлического транспорта в скважинах и трубопроводах.

Диссертационная работа Константина Федоровича Синькова «Развитие гидродинамических моделей многофазных течений в трубопроводах» является законченной научно-квалификационной работой. Автореферат достаточно полно отражает результаты диссертации. Диссертация полностью соответствует требованиям Министерства образования и науки РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным Постановлением правительства РФ от 24.09.2013 № 842. Считаю, что автор диссертации Синьков Константин Федорович безусловно

заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по указанной специальности.

Официальный оппонент, к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник ГНЦ ФГУП
«Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского»,

«28» октября 2016 г.

 Е.С. Асмолов

Подпись Асмолова Е.С. удостоверяю

Ученый секретарь

Ученого Совета ЦАГИ



С.А. Таковицкий

Асмолов Евгений Савельевич

к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник,

ГНЦ ФГУП «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е.
Жуковского»

Адрес: 140180 Московская область, г. Жуковский, ул. Жуковского, д.1

Телефон: +7 (925) 303-43-21

Эл. почта: