

## **Отзыв**

официального оппонента о диссертации Аль Имам Адель А. Абед Аль Вахаб «Математическое и компьютерное моделирование особенностей продольного течения микроструктурного вязкопластического материала в каналах различного поперечного сечения», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Диссертация Аль Имам Адель А. Абед Аль Вахаб «Математическое и компьютерное моделирование особенностей продольного течения микроструктурного вязкопластического материала в каналах различного поперечного сечения» представляет собой самостоятельный материал на 120 страницах, который вместе с авторефератом и основными публикациями автора позволяет сформировать заключение об актуальности темы и основных научных достижениях автора.

Проблема математического, а в настоящее время и компьютерного моделирования течения и деформирования материалов со сложными реологическими свойствами является не новой, она всегда стояла перед учёными вследствие появления новых материалов и развития технологий.

Актуальность темы рассматриваемой диссертации обусловлена экономическими вопросами, поскольку за оптимальными разработками течения материалов при гидроразрыве сплошных и газовых пластов при большом объёме нефти и газодобычи стоят громадные финансовые затраты и дивиденды.

Современные технологические материалы твёрдые и текучие, являются искусственно созданными с заранее заданным набором свойств. Это ведёт к тому, что представительный "бесконечно малый" объём  $\Delta V = h^3$  является сравнимым с объёмом  $V$  области течения и характерная безразмерная величина  $\delta = \Delta V/V$  является малой, но оказывающей большее влияние на поведение материалов. Нелинейные модели поведения материалов в упругой области рассматривал Кунин И. А., а модели с введением микрообъёмов и микродеформирования для жидких кристаллов предложил Эринген Э.; для реологически сложных сред

малых параметра -  $\delta$  и  $\varepsilon$ , отвечающих за микроструктуру материала и эллиптичность внешнего контура трубы. Аккуратно построены приближения для скоростей в пограничном слое, во внешнем течении в нулевом и первом приближениях за счет малых параметров  $\delta$  и  $\varepsilon$  (2.64), (2.72), (2.74), которые правильно отражают влияние  $\delta$  и  $\varepsilon$ .

В главе 3 изложено рассмотрение продольного течения МВПМ в кольцевой зазор. Графики Рис. 3.3 и 3.5 показывают качественное отличие поля скоростей течения вязкой жидкости от течения МВПМ при возможном проскальзывании вдоль стенок, при этом МВПМ оказывает меньшее сопротивление и больший расход (Рис. 3.7), чем для вязкой жидкости. Эти результаты обоснованы и представляются новыми.

Глава 4 содержит построение конечно-разностной модели течения МВПМ в кольцевом зазоре, основанное на построении разностной аппроксимации методом конечных элементов с нелинейными базисными функциями.

Аппроксимация предложенная с точностью до первой степени шага  $\Delta$  сетки, а сама конечно-разностная модель приведена к системе линейных алгебраических уравнений с трехдиагональной матрицей. Система алгебраических уравнений имеет алгоритм построения точного решения (метод подгонки), который реализован в виде программы с удобным интерфейсом задания входных параметров и выводом результатов в виде таблиц и графиков. Примеры расчета продольной скорости течения даны на графиках Рис. 4.2-4.10, показывает возможное проскальзывание для рассматриваемых случаев.

Список литературы насчитывает более 100 источников, некоторые из которых имеют косвенное отношение к теме (60, 62, 64, 103, 117, 118, 124, 144, 149).

В приложениях диссертации представлены два рассмотрения движения молекул в углеродных нанотрубках, коррелирующиеся с движением МВПМ.

К замечаниям по диссертации отнесем: недостаточно подробное изложение математической модели МВПМ;

на стр. 22-27 при построении графиков 1.4-1.9 следовало уменьшить шаг, чтобы избежать угловых точек;

графики Рис. 2.9 следовало бы представлять в цилиндрической системе координат с углом  $\theta$ ;

на стр. 61 дана подпись к Рис. 3.4, который изображен на рис. 60;

недостаточно подробно проведено построение элементов трехдиагональной матрицы (4.10).

Невзирая на замечание, диссертация производит хорошее впечатление структурированием материала, оформлена в соответствии с требованиями ВАК

РФ выполнена на актуальную тему, написана самостоятельно, представляет собой законченное научное исследование, результаты представляются новыми, обоснованными и достаточно представленными в научной печати.

Сказанное выше позволяет утверждать, что тема диссертации удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», а ее автор Аль Имам Адель А. Абед Аль Вахаб заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Заведующий кафедрой математики Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж) доктор физико-математических наук, профессор Сумин Александр Иванович

«22» апреля 2015 года

 Сумин А.И.

Адрес: 394064, г. Воронеж-64 ул. Старых Большевиков, 54а

206 кафедра математики ВУНЦ ВВС «ВВА»

Тел. 89103410755

e-mail: [sumin\\_ai@mail.ru](mailto:sumin_ai@mail.ru)

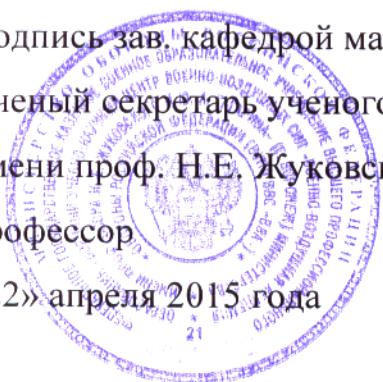
Подпись зав. кафедрой математики А.И. Сумина заверяю:

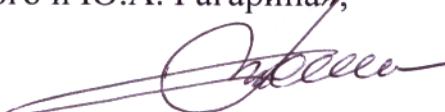
Ученый секретарь ученого совета ВУНЦ ВВС «ВВА

имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»,

профессор

«22» апреля 2015 года





А.А. Томилов