

## **ОТЗЫВ НАУЧНОГО КОНСУЛЬТАНТА**

на диссертационную работу Минаков Андрея Викторовича  
«Изучение многофазных потоков в микроканалах и теплофизических  
характеристик наножидкостей»  
на соискание ученой степени доктора физико-математических наук  
по специальности 1.1.9 – Механика жидкости, газа и плазмы

Изучение микротечений многофазных жидкостей родилось сравнительно недавно, около сорока лет тому назад. Вызвано это было в первую очередь развитием микросистемной техники различного назначения. С другой стороны, из общих соображений было ясно, что физика и механика таких течений может существенно отличаться в обычных макроскопических течениях. Экспериментальное изучение микротечений по понятным причинам чрезвычайно затруднено, а измерение ряда характеристик просто невозможно. Поэтому моделирование таких течений является не просто необходимым элементом их изучения, но в ряде случаев и единственным методом получения необходимой информации экспериментально недоступной. Моделирование и систематическое изучение микротечений одно- и многофазных жидкостей поэтому чрезвычайно актуально.

Другим вызовом, стоящим перед современной механикой жидкости и газа, являются течения так называемых наножидкостей, процессы переноса в которых, как оказалось, не описываются классическими теориями. Вместе с тем эти жидкости уже широко используются в самых разных приложениях (в биомедицинских, в трибологии, при создании новых материалов и т.д.), существует мотивированная возможность их использования и в различных теплофизических приложениях, в том числе в микроканалах. Последнее, в частности, требовало четкого ответа на вопрос о свойствах переноса таких флюидов. Актуальность исследования этой тематики подтверждается экспоненциальным ростом числа соответствующих публикаций за последние два десятилетия.

Сложность решения указанных проблем хорошо понятна, прежде всего, для этого необходимо было создать соответствующий инструментарий. С одной стороны, был необходим надежный и высокоточный метод решения уравнений переноса жидкостей, в том числе для неньютоновских жидкостей. Это

одновременно требовало и создание адекватных моделей изучаемых флюидов, включая, например, определение коэффициента термодиффузии наночастиц, учет условий скольжения на стенке, включая тепловое скольжение и скачок температуры, наличие межфазного натяжения и т.п. Такой инструментарий был успешно создан, тестирован и позволил решить ряд практически важных задач. Здесь в первую очередь следует упомянуть систематическое изучение режимов течения и смешения в микромиксерах, разработанные методы управления смешением, моделирование процесса вытеснения нефти наножидкостью из горной породы. Во всех случаях получен ряд новых данных. Важно также отметить, что ряд расчетов предварительно сопровождался необходимыми аналитическими оценками, адекватность которых затем была подтверждена расчетами.

При моделировании течений наножидкостей в указанных выше задачах потребовалось для получения данных по коэффициентам вязкости и межфазного натяжения, а также краевому углу смачивания в системах наножидкость/нефть/горная порода провести соответствующие систематические эксперименты. Экспериментальное изучение различных характеристик наножидкостей поэтому являлось важной составной частью диссертации. Здесь систематически изучены характеристики нескольких десятков различных наножидкостей, получен ряд приоритетных результатов. Впервые экспериментально установлена зависимость вязкости наножидкости от материала наночастиц, показано, что возможная смена реологии наножидкости обусловлена не только концентрацией частиц, но и их размером, установлено, что коэффициент теплопроводности наножидкости зависит от плотности материала частиц, а ламинарно-турбулентный переход в наножидкостях происходит при меньших числах Рейнольдса, чем в базовой жидкости и некоторые другие.

Важно подчеркнуть, что цикл работ, выполненный Минаковым А.В., фактически позволяет сегодня сформулировать рекомендации по созданию наножидкостей с заданными контролируемыми свойствами. Более того, ясно в каком диапазоне и как эти свойства могут варьироваться.

В качестве научного консультанта я положительно характеризую личностные качества А.В. Минакова как ученого, его требовательность в получении достоверных результатов, высокую квалификацию. Стоит сказать, что систематическую и успешную работу в качестве вычислителя он сумел сочетать с непростой экспериментальной работой. Изучение теплофизических свойств наножидкостей потребовал создания различного инструментария. Такой инструментарий был им с группой студентов создан, а его студенты превратились сейчас в квалифицированных научных сотрудников.

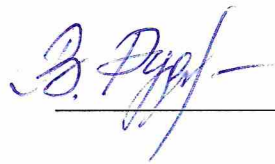
Научными исследованиями по теме диссертации А.В. Минаков занимается уже около пятнадцати лет. Стоит отметить, что докторская диссертация практически никак не коррелирует с его кандидатской работой. Часть полученных результатов вошли в опубликованную в 2016 году нашу с ним монографию. Исследования диссертанта поддерживались федеральными целевыми научными программами, грантами Президента РФ, РНФ, РФФИ, Министерства образования и науки Российской Федерации.

Изложенные в диссертации результаты апробированы А.В. Минаковым на многочисленных международных и всероссийских конференциях, по теме диссертации опубликовано несколько десятков статей, более 40 из которых – в изданиях, рекомендованных ВАК России. Полученные результаты хорошо известны специалистам, как у нас в стране, так и за рубежом и имеют заметный индекс цитирования. Считаю, что выполненная диссертационная работа соответствует критериям «Положения о присуждении ученых степеней», установленным для докторских диссертаций, а ее автор, Андрей Викторович Минаков, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.1.9 – Механика жидкости, газа и плазмы.

Научный консультант  
профессор кафедры теоретической механики  
федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Новосибирский государственный архитектурно-  
строительный университет (Сибстрин)»

(630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113;  
Тел.: (383) 266-41-25; E-mail: rector@sibstrin.ru; <http://sibstrin.ru>),  
доктор физико-математических наук  
(01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы),  
профессор

04.06.2021



Рудяк Валерий Яковлевич

