

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора  
по технологии – главный технолог  
Федерального государственного  
унитарного предприятия «Федеральный  
центр двойных технологий «Союз»,  
доктор технических наук

Банзула Юрий Борисович

2019г.



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

**Дьяковой Ольги Алексеевны**

«Течения неньютоновской жидкости в каналах различной формы с условиями скольжения – прилипание на твердой стенке», представленной к защите на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы

Диссертационная работа Дьяковой О.А. посвящена математическому моделированию течений реологически сложных сред в каналах разной конфигурации с учётом возможного проскальзывания на твёрдой стенке.

В настоящее время математическое или компьютерное моделирование является важнейшим методом решения различных практически важных задач прикладной реологии. В частности, оптимизация технологических процессов производства разнообразных изделий из полимерных материалов (методами гравитационного литья, литья под давлением или экструзии) требует сравнительной оценки множества вариантов, отличающихся конструктивными особенностями и размерами элементов оснастки, реологическими и адгезионными характеристиками среды, а также значениями параметров технологического режима – температуры, давления и т.д. Экспериментальное исследование указанных технологических процессов методами физического моделирования на лабораторной оснастке уменьшенного масштаба с использованием модельных низковязких сред

представляет собой, как правило, длительную и трудоёмкую процедуру. Кроме того, физическое моделирование имеет тот основной недостаток, что практически невозможно подобрать такую модельную среду, которая была бы полностью идентична натурному материалу по реологическим и адгезионным характеристикам, вследствие чего достижение полного гидродинамического подобия модели и натуры в большинстве случаев не представляется возможным. Поэтому именно математическое моделирование является во многих случаях единственно возможным безальтернативным методом решения прикладных реологических задач; в свете всего вышесказанного **актуальность** проведённых автором исследований является очевидной.

Диссертантом сформулирована математическая постановка задач и разработана методика компьютерного моделирования для расчёта течений неньютоновских жидкостей в  $L$  – образных и  $T$  – образных каналах с учётом явления пристенного скольжения. Известно, что при решении самых разнообразных прикладных задач гидродинамики вязкой жидкости в качестве граничного условия на твёрдой стенке практически всегда задаётся условие прилипания, т.е. равенство нулю скорости жидкости относительно стенки. Но это условие ниоткуда не следует и в большом числе случаев может нарушаться. Многочисленные эксперименты, проведённые в ФЦДТ «Союз», показали, что при течении полимерных сред с низкой адгезией к технологическому оборудованию часто возникают ситуации, когда сила трения на стенке трубы или канала не может быть уравновешена силой адгезионного сцепления со стенкой, и в этом случае начинается проскальзывание материала относительно стенки, причём скорость пристенного скольжения тем выше, чем выше напряжение сдвига на стенке. Учёт явления проскальзывания на твёрдой стенке при численном решении задач течения реологически сложных сред в каналах рассматривается впервые, и данное обстоятельство с несомненностью указывает на безусловную **научную новизну** полученных автором результатов.

Автор с достаточной степенью подробности приводит полученные им результаты расчётов течений неньютоновских сред в  $L$  – образных и  $T$  – образных каналах как в режиме прилипания, так и в режиме проскальзывания. Показано существование различных режимов течения - в зависимости от конкретных значений давлений, показателя реологической нелинейности в законе Оствальда–де Вале и интенсивности пристенного скольжения. Результаты математического моделирования могут быть использованы для прогнозирования течения полимерных материалов в реальных элементах технологической оснастки при формовании изделий по технологии

гравитационного литья или литья под давлением. Следует особо отметить, что двухрукавные сливные системы достаточно широко распространены в технологической практике, и поэтому предварительные расчёты особенностей течения в этих сливных системах (на базе полученных автором результатов моделирования течений в Т – образных каналах) будут иметь значительную **практическую ценность**.

В качестве замечаний и пожеланий на будущее необходимо отметить следующее.

1. Все задачи решены (судя по автореферату) в плоской постановке. Поэтому в дальнейшем следует рассмотреть процессы течений с учётом реальной конфигурации труб и каналов, т.е. в трёхмерной постановке.

2. Не рассмотрено влияние теплообмена с окружающей средой на процессы течения (с учётом температурной зависимости реологических характеристик). Следует рекомендовать учёт этих явлений в будущих исследованиях.

3. Коэффициент уравнения, выражающего условие проскальзывания, принят постоянным на всём протяжении L – образных и Т – образных каналов. Между тем в реальных установках формования изделий из полимеров нередко имеет место разная степень пристенного скольжения в разных точках сливной системы, что может сильно усложнить условия течения. Данную особенность также желательно учесть при проведении дальнейших работ. Кроме того, условие проскальзывание на стенке следовало бы в будущем сформулировать в более реалистической постановке:

а) проскальзывание начинается лишь после достижения некоторого порогового значения скорости сдвига (или напряжения сдвига) на стенке;

б) вид зависимости скорости скольжения от напряжения сдвига на стенке аналогичен степенному реологическому закону Хершеля-Балкли.

Несмотря на высказанные замечания, следует подчеркнуть, что данные замечания имеют частный характер и нисколько не влияют на общее весьма положительное впечатление о данной диссертационной работе.

Подводя итоги, необходимо отметить, что содержание автореферата и список опубликованных работ автора по теме диссертации позволяют сделать заключение, что данная диссертация является самостоятельной научно – квалификационной работой, содержащей важные и актуальные результаты, имеющие принципиальное значение для понимания гидродинамических механизмов течения неньютоновских сред с учётом явлений пристенного скольжения. Результаты работы имеют существенную научную новизну и обладают практической ценностью – в частности, применительно к оптимизации технологии изготовления изделий из полимерных материалов.

Работа соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. Автор данной работы, Дьякова Ольга Алексеевна, заслуживает присвоения ей учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 «Механика жидкости, газа и плазмы».

Ведущий инженер – технолог – начальник группы лаборатории 181, кандидат технических наук (специальность 05.17.07)

С.Карязов Карязов Святослав Владимирович  
« 3 » сентября 2019г.

Федеральное государственное унитарное предприятие «Федеральный центр двойных технологий «Союз», 140090, Россия, Московская область, г. Дзержинский, ул. Академика Жукова, д. 42, тел. 8-495-551-76-00,

[fcdt181@mail.ru](mailto:fcdt181@mail.ru)

[www.fcdt.ru](http://www.fcdt.ru)

Я, Карязов Святослав Владимирович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Дьяковой Ольги Алексеевны, и их дальнейшую обработку.