

## Аннотированный отчет по гранту РФФИ №19-11-00220

(первый год)

В ходе реализации плана первого года по проекту РФФИ выполнены экспериментальные и численные исследования процессов течения вязкоупругой жидкости в канале с шнековой вставкой различной геометрии. Порядок выполнения экспериментальных исследований регламентирован разработанной исполнителями настоящего проекта методикой проведения эксперимента. Для устранения оптических искажений при визуализации течения вязкоупругой жидкости использован оптический прозрачный кожух (параллелепипед), заполненный прозрачной жидкостью. В качестве рабочей жидкости использованы водные растворы высокомолекулярного полиакриламида. Использование метода SiV для визуализации течения позволило получить уникальные экспериментальные данные о структуре потока вязкоупругой жидкости.

Наиболее просто описание течений вязкоупругих жидкостей в трубах с вставками различного типа традиционно осуществляется с помощью системы уравнений переноса количества движения и неразрывности, которые записываются в декартовой системе координат с осью  $z$ , совпадающей с осью трубы. Однако, при такой записи уравнений все искомые функции зависят от всех трех декартовых координат. При этом никак не учитывается винтовая симметрия задачи, а именно, инвариантность геометрической области течения, основной системы уравнений и условий однозначности относительно сдвигов по винтовым линиям. Данная особенность использована нами путем записи основных уравнений в винтовой системе координат. Таким образом, исполнителями проекта разработана оригинальная математическая модель ламинарного течения жидкости Гиезекуса в канале с винтовой симметрией, описывающей течение в канале с одно- и двухзаходной шнековой вставкой. Уникальность разработанной модели состоит в значительном упрощении вычислительной процедуры для определения структуры течения, в том числе построение полей напряжения, давления и расчета гидравлического сопротивления в канале с шнековыми вставками при установившемся стационарном течении жидкости Гиезекуса.

В ходе выполненного комплекса экспериментальных и численных исследований проанализированы условия образования застойных зон в сечении канала с шнековой вставкой, и рассчитаны первая и вторая разности нормальных напряжений. В каналах с шнековыми вставками застойные зоны образуются за ребром, обеспечивающим закручивание жидкости. При этом размеры данной области наибольшие для однозаходных шнековых вставок при прочих равных условиях. Результаты выполненных исследований иллюстрируют о том, что увеличение интенсивности закрутки ребер шнековой вставки увеличивает возникновение вторичных течений и нормальных напряжений. Выявлены особенности течения вязкоупругой жидкости в каналах с винтовой симметрией, характеризующиеся более удлиненным контуром для максимального значения осевой составляющей вектора скорости. Данный эффект вызван упругими составляющими рабочей среды, которые отсутствуют для обычной ньютоновской жидкости. Исследовано влияние ультразвукового воздействия на нормальные напряжения и структуру течения вязкоупругой жидкости в каналах с винтовой симметрией. В частности, установлено, что ультразвуковое воздействие водного раствора полиакриламида приводит к снижению эффективной вязкости, так величины первой разности нормальных напряжений. Дополнительно было получено, что ультразвуковая обработка уменьшает величину модуля упругости и потерь, в том числе и точку перехода пересечения этих кривых в область меньших значений угловой частоты и деформаций. Выполненный объем экспериментальных исследований выявил, что эффект от ультразвуковой обработки носит временный характер, при этом продолжительность восстановления жидкости до первоначального состояния зависит как от концентрации полиакриламида в воде, так и от мощности ультразвукового воздействия.