

Аннотированный отчет по гранту РФФИ №19-11-00220

(второй год)

В ходе реализации плана второго года по проекту РФФИ выполнены экспериментальные и численные исследования процессов течения вязкоупругой жидкости в конфузоре с различными степенями сужения канала, в том числе исследовано влияние степени закрутки потока на гидродинамическую структуру течения вязкоупругой жидкости в рассматриваемых каналах. Для реализации экспериментальных исследований разработана соответствующая методика 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. Обосновано использование двумодальной жидкости Гиезекуса при численном исследовании влияния закрученного потока вязкоупругой жидкости в конфузоре. В ходе реализации проекта разработаны две математические модели, описывающие течение вязкоупругой жидкости в гладком конфузоре, а также в конфузоре с закруткой потока на входе в канал. Оригинальность второй модели заключается в двумерной постановке задачи, инвариантной относительно поворотов на угол ϕ вокруг оси симметрии. Установлено, что с увеличением степени сужения конфузора профиль скорости вытягивается и характеризуется большими значениями нормальных напряжений на оси канала и касательных напряжений в приграничной области. Получено, что удлинение конфузора при прочих одинаковых условиях уменьшает величину первой разности нормальных напряжений, рассчитанной на центральной оси канала.

Исследование предварительной закрутки потока перед входом в конфузор выявило, что степень закрутки потока оказывает влияние только на окружную компоненту вектора скорости. Увеличение числа Вайсенберга приводит к деформированию всех компонент скорости, что согласуется с аналогичными результатами, представленными в литературе для каналов с внезапным сужением. Распределение величины первой разности нормальных напряжений, отнесенной к максимальному значению, для рассматриваемой жидкости не зависит от степени закрутки. Завышенные значения данной величины после истечения из конфузора обусловлено возросшим числом Рейнольдса, и как следствие удлинением начального гидродинамического участка. Расчет интегрального параметра закрутки потока выявил экспоненциальный спад данной характеристики по длине канала, при этом наличие конфузора приводит к более существенному спаду интенсивности закрутки по отношению к аналогичной задаче в прямолинейной круглой трубе. Особенностью течения вязкоупругой жидкости в конфузоре является наличие более наполненных профилей осевой скорости по сравнению с ньютоновской, а также более интенсивным спадом интенсивности закрутки потока.

По результатам экспериментальных исследований обнаружены переходные режимы, при которых течение жидкости происходит с характерными срывами в приграничной области, что может быть вызвано свойством жидкости, а именно образованием разрывов между соседними конгломератами. Более детальное изучение данного явления планируется провести в третьем этапе выполнения настоящего проекта. Как показали результаты, наличие ультразвукового воздействия приводит к увеличению температуры среды, следовательно, к спаду вязкости и уменьшению времени релаксации. Таким образом, наличие ультразвукового воздействия приводит к снижению нормальных напряжений в выходном сечении канала.