

Аннотированный отчет по гранту РФФИ №19-11-00220

(третий год)

В ходе реализации плана третьего года по проекту РФФИ выполнены экспериментальные и численные исследования процессов течения вязкоупругой жидкости в канале с вращающейся шнековой вставкой и в сужающемся осесимметричном канале. Исследовано влияние числа Вайсенберга, геометрии шнековой вставками и конфузора, скорости вращения шнековой вставки на картину течения. Экспериментальные исследования по изучению структуры течения вязкоупругой жидкости выполнены на модульном экспериментальном стенде. Для компенсации оптических искажений, исследуемый рабочий участок помещался в прямоугольный короб. Пространство между рабочим участком и коробом заполнялось жидкостью с коэффициентом преломления близким к коэффициенту материалов рабочего участка и короба. Контроль фактической температуры жидкости осуществлялся с помощью термопреобразователей сопротивления. Температура жидкости поддерживалась постоянной с помощью, установленного в комнате, кондиционера. Реологические испытания полимерной смолы выявили слабую зависимость эффективной вязкости от скорости сдвига и отсутствие выраженных упругих свойств, поэтому в качестве объекта исследования использованы растворы полиакриламида. Шнековые вставки изготовлены на 3D принтере. Расчет профиля скорости выполнен с помощью разработанного в нашем институте метода Smoke Image Velocimetry (SIV), являющегося одним из вариантов оптических методов измерений. Метод SIV не требует равномерности засева потока трассерами и не требует сглаживания максимума кросскорреляционной функции при уточнении смещений трассеров с подпиксельной точностью. Эти аспекты упрощают процесс подготовки рабочей жидкости и повышают точность измерений. Процедуры обработки изображений включали последовательность действий по исключению статических объектов и фильтрации шумов. К первичным количественным данным применялись процедуры поиска и фильтрации ошибочных векторов скорости. Выполненный комплекс экспериментальных исследований показал удовлетворительное согласование с результатами численных исследований в пакете OpenFOAM. Полученные результаты для общеизвестных случаев согласуются с литературными данными. В ходе реализации проекта разработана оригинальная математическая модель установившегося ламинарного течения вязкоупругой жидкости в канале с винтовой симметрией. Геометрия шнековой вставки позволила использовать винтовую систему координат и рассмотреть неизвестные функции компонент скорости и компонент тензора напряжения как функции только двух винтовых переменных. Получены уникальные экспериментальные данные о структуре течения вязкоупругой жидкости в сужающемся осесимметричном канале, расположенного непосредственно после вращающейся шнековой вставки и без нее. Полученные данные свидетельствуют о том, что модель Гиезекуса удовлетворительно предсказывает поведение текучей среды при умеренных скоростях течения. С увеличением среднерасходной скорости и увеличением степени сужения конфузора обнаружены области с возвратным течением, что обусловлено свойством жидкости и согласуется с данными полученными в каналах с внезапным сужением. Выявлено, что степень закрутки шнековой вставки не оказывает существенного влияния на осевой компонент вектора скорости при втекании вязкоупругой жидкости в сужающийся осесимметричный канал, при этом добавляется радиальная составляющая вызванная его вращением. Для случая течения вязкоупругой жидкости, вызванного вращением шнековой вставки, скорость его вращения оказывала влияние на общую картину течения в конфузоре. Использование устройства для генерации ультразвуковых волн в текучей среде приводило к нагреванию жидкости, а сопровождаемая кавитация жидкости – к образованию микропузырей, что вносило погрешность в измерения. Дополнительные реологические испытания выявили, что с повышением температуры исследуемые нами растворы характеризуются уменьшением вязкости и незначительным подавлением упругих свойств. По результатам выполненного исследования разработаны рекомендации к режимным параметрам процесса экструзии.