

Об оценке интенсивности тепловыделения при течении термовязкой жидкости¹

Урманчиев С.Ф.

Институт механики им. Р.Р. Мавлютова УФИЦ РАН, Уфа

Течение термовязких жидкостей сопровождается многочисленными гидродинамическими эффектами, связанными с особенностями взаимодействия потока с температурным полем благодаря учёту зависимости вязкости от температуры. При этом неоднородное распределение температуры в жидкости обуславливает возникновение в ней областей с высокой вязкостью или термовязких структур, которые в значительной мере определяют характер течения и динамику изменения её расхода [1, 2]. С другой стороны, сдвиговое течение в области с высокой вязкостью может привести к диссипативному тепловыделению, а при условии незначительного теплообмена с окружающей средой — и к локальному разогреву жидкости. Исследования интенсивности производства тепла за счёт вязкого трения в гидродинамических задачах имеют достаточно длинную историю. Но качественно новый уровень эти исследования приобрели в работе С.А. Бостаджияна и др. [3], в которой анализ процесса был рассмотрен по аналогии с теорией теплового взрыва, разработанной Д.А. Франк-Каменецким [4]. В последующих многочисленных работах были решены задачи о тепловыделении для жидкостей с различными реологическими свойствами и с учётом различных гидродинамических условий. В работах получены критические условия, при которых тепловыделение может приводить к росту температуры среды как при напорном течении, так и при вынужденной конвекции [5]. В статье [6] приведены экспериментальные результаты, отчётливо демонстрирующие эффекты разогрева и ускоренного увеличения числа оборотов ротационного вискозиметра. Найденные критические параметры были успешно сопоставлены с условиями, теоретически определёнными в [5].

Для большинства жидкостей, применяемых в промышленности, включая касторовое масло, которое использовалось в упомянутой экспериментальной работе, существенным параметром, обладающим значительной зависимостью от температуры, является вязкость. Следует отметить, что во всех работах по данной тематике как раз и учитывалось изменение только вязкости. Между тем, среди

других физических величин, изменение которых может влиять на течение термовязких жидкостей, важно отметить теплопроводность. Её зависимость от температуры существенна для расплавов серы, серосодержащих химических соединений и некоторых типов лавы.

В настоящей работе установлено, что в случае совмещения максимальных значений вязкости и теплопроводности разогрев жидкости за счёт вязкой диссипации уменьшается и, напротив, при рассогласовании максимальных значений в рассматриваемом диапазоне температур происходит значительное усиление эффекта гидродинамического теплового взрыва.

Список литературы

- [1] Uрманчиев С., Киреев В. The Transient Flow of Liquid with Non-Monotonous Temperature Dependent Viscosity in a Plane Channel // AIP Conference Proceedings. 2017. Vol. 1906, 200009. 4 p.
- [2] Кулешов В.С., Моисеев К.В., Урманчиев С.Ф. Изолированные режимы течений при конвекции аномально термовязкой жидкости в плоской ячейке // Прикладная математика и механика. 2019. № 3. С. 460–470.
- [3] Бостаджиян С.А., Мержанов А.Г., Худяев С.И. О гидродинамическом тепловом взрыве // Доклады АН СССР. 1965. Т. 163, № 1. С. 133–136.
- [4] Франк-Каменецкий Д.А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. М.: Наука, 1987. 502 с.
- [5] Мержанов А.Г., Столин А.М. К тепловой теории течения вязкой жидкости // Доклады АН СССР. 1971. Т. 198, № 6. С. 1291–1294.
- [6] Мержанов А.Г., Посецельский А.П., Столин А.М., Штейнберг А.С. Экспериментальное осуществление гидродинамического теплового взрыва // Доклады АН СССР. 1973. Т. 210, № 1. С. 52–54.

¹Работа поддержана средствами государственного бюджета по государственному заданию на 2019–2022 годы (№ 0246-2019-0052).