

ОТЗЫВ

об автореферате диссертации Мулляджанова Р.И. «Устойчивость и когерентные структуры в струйных и отрывных течениях жидкости», представленной на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.05-«Механика жидкости, газа и плазмы»

Диссертационная работа Р.И. Мулляджанова посвящена теоретическому и численному исследованию структуры струйных и отрывных течений жидкости и газа, изучению гидродинамической устойчивости и определению характеристик основных наиболее энергонесущих когерентных структур и выявлению факторов, влияющих на характеристики течения и процесса тепломассопереноса в них. Тематика диссертации актуальна и представляет несомненный научный и практический интерес.

Основные результаты диссертационной работы сводятся к следующему.

1. Получено аналитическое решение линеаризованных уравнений дальнего поля струи, соответствующее возмущению решения Ландау, определяемого поперечными компонентами вектора импульса для неосесимметричной струи. Продемонстрировано хорошее качественное и количественное согласие линейной теории и экспериментальных данных.
2. Решена линейная задача устойчивости точного решения Ландау для затопленной ламинарной струи. Предложен критерий оценки положения ламинарно—турбулентного перехода; получено хорошее качественное и количественное согласие линейной теории и экспериментальных данных.
3. С применением модифицированного метода ортогонального разложения и численного моделирования показано, что спиральные бегущие волны являются наиболее энергонесущими вихревыми структурами в дальнем поле затопленной турбулентной струи. Характеристики вихревых структур могут быть предсказаны в рамках линейной теории устойчивости, сформулированной для турбулентного течения.
4. На основе анализа результатов численного моделирования исследованы механизмы интенсификации процессов перемешивания, вовлечения окружающей ядро течения в слабозакрученной струе жидкости, приводящие к появлению противовращающегося вихревого ядра; эффект гистерезиса режимов в соосной кольцевой струе. С применением численного моделирования изучены смешанные корреляции когерентных и стохастических компонент поля скорости в отрывном течении при наличии крупномасштабных пульсаций в зоне рециркуляции. Исследованы щелевые струйные и отрывные течения; показано, что в таких течениях наряду с крупномасштабным квазидвумерным течением присутствуют продольные вихри, ответственные за интенсивный теплоперенос в поперечном направлении узкой щели.

При прочтении автореферата возникло несколько замечаний.

1. В работе исследуется широкий класс свободных турбулентных течений. Турбулентные течения могут быть охарактеризованы значениями турбулентного числа Рейнольдса по тейлоровскому микромасштабу, отвечающего за свойство развитости (по Колмогорову) течения. К сожалению, в автореферате отсутствуют оценки этого

важного параметра. Подобные оценки позволили бы более детально оттенить вопрос о классе изучаемых течений. Какие течения изучаются? Развитые, или течения в переходных режимах?

2. В автореферате серьёзной критике подвергаются полуэмпирические модели турбулентности, позволяющие рассчитывать не только осреднённые гидродинамические поля, но и корреляционные функции второго и более высокого порядков. Безусловно, универсальных полуэмпирических моделей нет. Применяемые и развиваемые диссертантом математические модели турбулентности, основанные на прямом численном моделировании и моделировании крупных вихрей, являются более общими. Они позволяют получить более полную информацию о течениях. Автором, к сожалению, не приведены результаты подробного сопоставления с известными результатами лабораторных измерений, в частности, в задаче о динамике затопленной круглой струи по таким характеристикам, как компоненты тензора рейнольдсовых напряжений. Такие расчёты могли бы убедительно продемонстрировать универсальность применяемых и развиваемых диссертантом подходов.

3. На стр. 16 автореферата для изучения турбулентных круглых струй вводится новая адаптивная система координат, позволяющая рассматривать вопрос о численном моделировании течения не в конической, а в цилиндрической области. К сожалению, структура появившихся в уравнениях (23) – (26) источниковых слагаемых из автореферата не совсем ясна. Какого порядка производные по пространственной и временной переменных в них присутствуют? Не слишком ли высокую цену придётся заплатить из-за стремления к проведению вычислений в более простой области?

Указанные замечания не снижают общей высокой оценки диссертационной работы, вносящей значительный вклад в теорию гидродинамической устойчивости и турбулентности и их практические приложения.

Считаю, что диссертационная работа Мулляджанова Р. И. удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы» а ее автор, Мулляджанов Рустам Илхамович, заслуживает присуждения искомой степени.

Согласен на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Гл. научный сотрудник лаборатории математического моделирования ИВТ СО РАН д.ф.-м.н. (специальность 01.02.05), профессор

15.10.2018

Черных Геннадий Георгиевич

Почтовый адрес: 630090, Новосибирск, пр-т ак. Лаврентьева, 6

Телефон: 8-383-3308570(сл.)

e-mail chernykh@ict.nsc.ru

Сайт института www.ict.nsc.ru

