

## ОТЗЫВ

### Официального оппонента

на диссертацию До Суань Зоаня

«*Структура сжимаемых вихревых течений Куэтта-Тэйлора*»,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкостей, газа и плазмы

Диссертация состоит из введения, 3 глав, заключения, списка литературы и двух приложений. Общий объем диссертации - 104 страницы. Список цитируемой литературы содержит 275 наименований использованных источников.

#### **Актуальность темы диссертации**

Задачи определения условий устойчивости течений в различного рода устройствах имеют важное прикладное значение во многих областях гидро-аэродинамики, поскольку могут определять режимы работы используемых устройств.

В рецензируемой диссертации проведено исследование устойчивости и развития вихревых структур в течениях Куэтта-Тэйлора (вихревого течения, возникающего в зазоре между двумя цилиндрами, вращающимися с различной скоростью). В развитие ранее полученных многочисленных результатов изучения вихревых структур в несжимаемых течениях в рецензируемой работе учтено влияние эффектов сжимаемости.

Моделирующие течения такого рода уравнения Навье-Стокса все еще остаются сложными для современных как аналитических, так и численных методов решения. Выход из создавшихся трудностей представляется в анализе исследуемых течений на приближенных (асимптотических) моделях течений. Асимптотические модели необходимы еще и потому, что уравнения Навье-Стокса имеют особый сингулярный тип (содержат малые параметры при старших производных) для течений жидкости или газа с исчезающе малой вязкостью – широко распространенных режимов гидро-аэродинамических приложений. Такой характер уравнений весьма сложен для прямого численного счета.

Режимы течений, возникающие в практически важных случаях, рассчитываются с применением пакетов прикладных программ, что выполнено во второй части рецензируемой диссертации.

#### **Главные результаты и научная новизна**

Рецензируемая диссертация посвящена исследованию возможных режимов сжимаемых течений Куэтта-Тейлора.

С применением асимптотических методов в приближении больших чисел Рейнольдса в диссертации определены границы применимости различных моделей течения: диссипативных, с преобладанием инерционных членов. Полученные результаты сведены в диаграмму возможных режимов реализации течения.

Найдены параметры подобия течения.

С использованием программы ANSYS проведено численное моделирование течения, показано влияние на течение изменений температуры стенки цилиндра.

В первой главе диссертации дано описание особенностей исследуемого



том числе при наличии магнитного поля, проницаемости поверхностей цилиндров, вдуве и отсосе среды через них. Указаны успехи и проблемы теоретических исследований.

Подробно описана использованная расчетная программа.

Во второй главе диссертации проведены оценки параметров течения и определены границы различных режимов течения (невязких, нелинейных, диссипативных). Найдены параметры подобия течений.

В третьей главе численно получены собственные значения характерных величин волн в линейной постановке. Изложены результаты численных расчетов с использованием коммерческой программы ANSYS CFX, выбрана модель турбулентности SST. Обнаружена немонотонность количества развивающихся в течении вихрей Тейлора (стр. 75).

### **Достоверность полученных результатов**

Полученные в диссертации До Суань Зоаня результаты подтверждаются тем, что они не противоречат выводам выполненных ранее работ других авторов, являясь их продолжением и развитием. Автором также сравниваются результаты аналитического исследования и с результатами выполненных им численных расчетов.

### **Апробация результатов работы**

Результаты диссертационной работы доложены в 3 выступлениях на научных конференциях.

Основные результаты работы изложены в 5 публикациях (2 статья в изданиях, включенных в перечень ВАК, 3 тезисах). Список этих работ приведен в автореферате. Опубликованные работы содержат основные результаты, выносимые на защиту. Автореферат диссертации достаточно полно отражает содержание диссертации.

### **Замечания**

По диссертации можно высказать ряд замечаний.

Не удачен, на наш взгляд, употребленный автором диссертации термин квадратный вихрь. Удачнее сформулировать вкладываемый в этот термин смысл так, что вихри образуют ячеистую структуру с примерно равными вертикальным и радиальным линейными размерами.

Не удачен термин параболизация по отношению к уравнениям Навье-Стокса, и без того являющихся параболическими. Судя по тексту диссертации автор имеет в виду, что пренебрегает инерционными членами уравнений, сделав соответствующие оговорки о справедливости своих действий.

В диссертации есть страницы, где достаточно сложно понять смысл написанного, для примера укажем стр. 5. Формулировки грешат неточностями, так выражение «асимптотически одинаковые размеры» (стр. 5) по-видимому подразумевает приблизительно равные, «способность теории с хорошей точностью воспроизводить экспериментальные результаты» (стр. 6) –подтверждать, геометрии (стр. 10) –симметрии, разложения (стр. 11) –выражения и т.п.

Неудобство создает раннее обсуждение формул и рисунков, намного опережающее их появление в тексте. Не указано обозначение горизонтальной оси на



рис. 1, ссылки на некоторые рисунки, например, рис. 6 перепутаны.

При том, что в диссертации правильно указано на постоянный интерес исследователей к изучению течения Куэтта-Тейлора и периодически проводимые международные конференции по этому вопросу, фактические данные указаны неверно – последняя конференция, как указано в Интернете, прошла в 2013 году и является 18 по счету (<http://pof.tnw.utwente.nl/ictw/>)

Указанный в списке литературы источник № 7 имеется в русском переводе (Чандрасекар С. Гидродинамическая и гидромагнитная устойчивость.—М.: Мир, 1963.)

Следовало бы конкретнее указать роль и достоинства использованной счетной программы в отношении именно исследованных в диссертации задач.

Очевидным недоразумением на стр. 65 является утверждение, что при проведении расчетов газ предполагался идеальным, поскольку течение Куэтта-Тейлора развивается только в вязкой среде.

Высказанные замечания являются устранимыми и не значительно снижают качество изложенных в диссертационной работе научных результатов.

Диссертация До Суань Зоаня «*Структура сжимаемых вихревых течений Куэтта-Тейлора*», является законченной научной работой, в которой впервые рассчитано несколько режимов течения Куэтта-Тейлора для сжимаемой среды. Указаны границы различных режимов течения.

Автором проделана большая научно-исследовательская работа, продемонстрировано умение использовать методы аналитического исследования и умение проводить вычисления с использованием пакетов прикладных программ.

Полученные в диссертации результаты могут быть использованы в организациях научно-технического профиля – Институте проблем механики РАН, Вычислительном центре РАН, Институте механики МГУ им. М.В. Ломоносова, МФТИ (ГУ), ЦАГИ им. Н.Е. Жуковского, ЦИАМ им. П.И. Баранова, Институте гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, Институте теоретической и прикладной механики СО РАН и др. .

В целом диссертация До Суань Зоаня «*Структура сжимаемых вихревых течений Куэтта-Тейлора*», отвечает всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор До Суань Зоань заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «механика жидкостей, газа и плазмы».

Официальный оппонент  
к.ф.-м.н., ст. научн. сотр.

А.Н. Богданов

Подпись А.Н. Богданова заверяю

02.06.14

*Зав. канцелярией*



*Корпусная МЧ*