

**Отзыв**  
на автореферат диссертации Саушина Ильи Ирековича  
**«Турбулентность в пограничном слое пульсирующего потока»**,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 01.02.05 «Механика жидкости, газа и плазмы»

Пульсирующие турбулентные течения жидкостей и газов часто возникают в каналах и проточных частях различных технических устройств в результате периодического срабатывания элементов систем, появления автоколебаний и т.п. Они отличаются многообразием режимов, волновой структурой, изменением локальных характеристик во времени, взаимодействием наложенных пульсаций с турбулентными флуктуациями и другими особенностями. Поэтому исследование таких потоков представляет особую сложность при использовании как экспериментальных, так и расчетных методов.

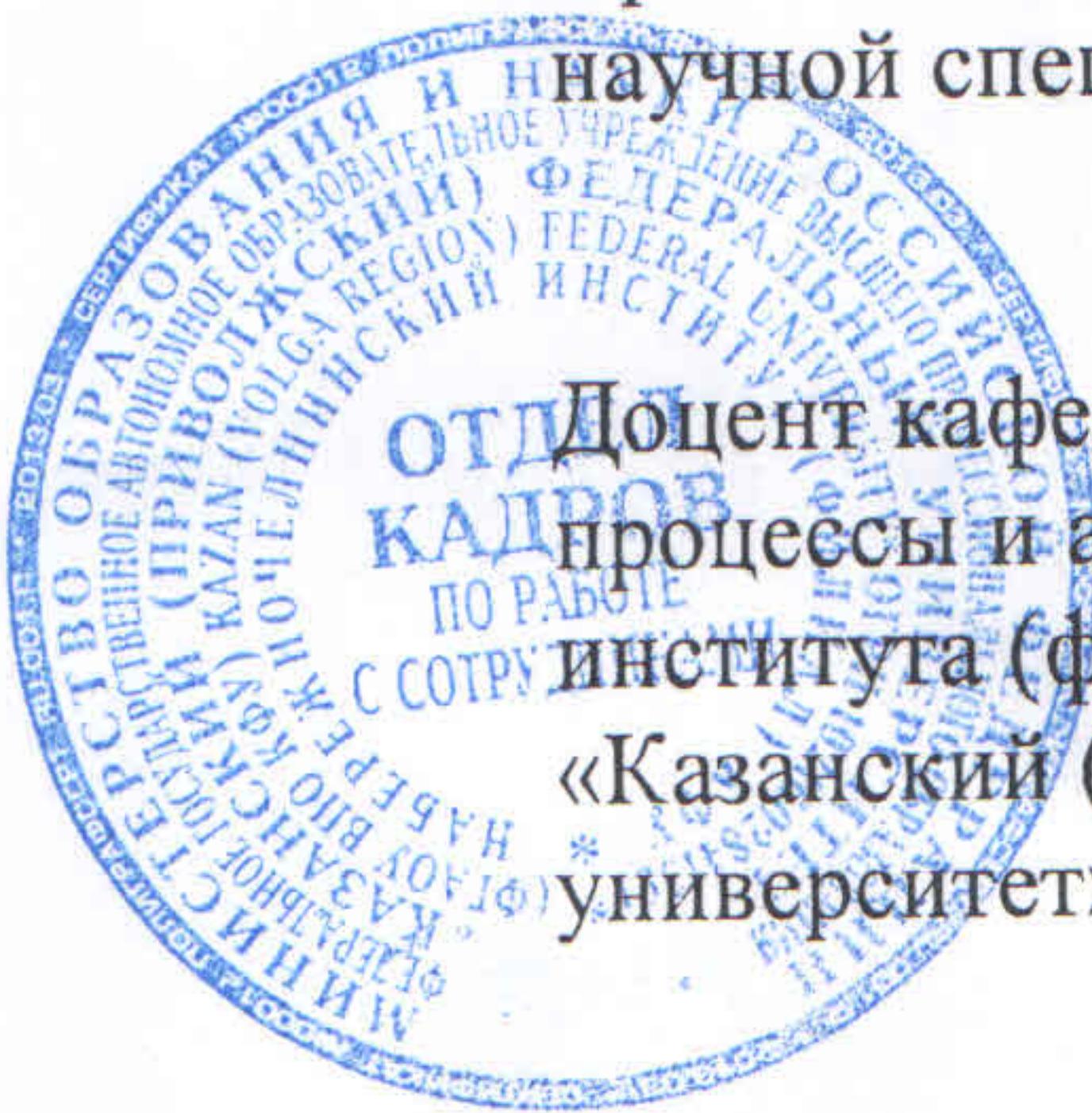
Тем не менее, новые оптические методы (PIV, SIV) позволяют изучить динамику векторного поля мгновенной скорости и турбулентных характеристик пульсирующего потока в течение периода колебаний одновременно в разных точках некоторой плоскости, но для сравнительно простых конфигураций каналов. Численные методы могут дать возможность исследования пульсирующих течений в технических устройствах при наличии адекватной математической модели течения. Однако проблему представляет моделирование взаимодействия турбулентности с наложенными пульсациями. Использование сложных методов (DNS, LES, DES) требует значительных вычислительных ресурсов, а модели турбулентности, основанные на подходе Рейнольдса (URANS), могут привести к ошибочным результатам, так как содержат эмпирические константы, калиброванные для относительно простых течений. В то же время, для верификации новых моделей турбулентности необходимы подробные экспериментальные данные о локальных и интегральных параметрах пульсирующего течения для различных фаз колебаний. Таким образом, представляется актуальной тема диссертационного исследования, направленного на получение указанной информации для пограничного слоя пульсирующего потока и на разработку и апробацию метода оценки значений констант модели турбулентности на основе полученных данных.

К научной новизне работы можно отнести экспериментальные данные об эволюции профилей осредненной скорости и турбулентных характеристик в пограничном слое на пластине по фазе вынужденных колебаний, а также математический метод определения параметров моделей турбулентности на основе решения обратной задачи для системы уравнений URANS с использованием данных о динамике векторного поля скорости.

Теоретическая и практическая значимость работы подтверждается тем, что полученные автором результаты расширяют теоретические представления о структуре и особенностях пульсирующих течений, могут быть использованы для верификации моделей турбулентности, предназначенных для расчетов таких потоков, и для проектирования агрегатов, связанных с нестационарным движением жидкой или газообразной среды.

Вместе с тем, по изложенным в автореферате материалам имеются замечания. При описании адаптации сетки в автореферате нет информации о методе моделирования турбулентности вблизи стенок, не указано, какое конкретно условие по  $u^+$  использовалось в расчетах. Из текста автореферата не ясно, учитывалась ли сжимаемость воздуха. Кроме того, в автореферате встречаются ошибки стилистического характера.

Несмотря на замечания, работа выполнена на высоком научном уровне, автореферат отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а Саушин Илья Ирекович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.05 «Механика жидкости, газа и плазмы».



Доцент кафедры «Высокоэнергетические  
процессы и агрегаты» Набережночелнинского  
института (филиала) ФГАОУ ВПО  
«Казанский (Приволжский) федеральный»  
университет, к.т.н.

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»  
(КНИТУ-КАИ)

Вх. № 6015  
От « 15 » 09 20 15 г.

СОБСТВЕННОЙ ПОДПИСЬ  
Болдырева А.В. ЗАВЕРЯЮ  
Набережночелнинский институт КФУ  
Отдел кадров Лев - Леехайнда

А.В. Болдырев