

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе  
Ошского государственного университета,  
к.ф.-м.н. доцент Р.Н.Арапбаев



14.03.2024г.

## ВЫПИСКА

из протокола №8 от 11.03.2024 расширенного заседания кафедры экспериментальной и теоретической физики и кафедры естественных наук и математики международного медицинского факультета Ошского государственного университета по предварительной апробации соискателя Абдимуталиповой Зейнуры Каныбековны на тему: «Численное моделирование струйных турбулентных течений», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05-механика жидкости, газа и плазмы.

11.03.2024 года

г.Ош

**Председатель:** Осмонбаев М.Ч. – к.ф.-м.н., доцент заведующий кафедры экспериментальной и теоретической физики ОшГУ.

**Секретарь:** Турдали кызы Назик

### ПРИСУТСТВОВАЛИ:

Сопуев А.С. д.ф.-м.н.,(01.01.02, 05.13.16), профессор; Ташполотов Ы.Т. д.ф.-м.н.,(01.02.05, 01.04.07), профессор; Курбаналиев А.Ы д.ф.-м.н.,(01.02.05), доцент; Турсунов Д.А. д.ф.-м.н.,(01.01.02), профессор; Осмонбаев М.Ч к.ф.-м.н.,(01.04.07), доцент; Садыков Э. к.т.н., доцент; Тешебаева У.Т. к.х.н., (02.00.10), доцент; Калдыбаева Г.А. к.ф.-м.н.,(01.04.07), доцент; Алиева Ч. М. к.п.н.,(13.00.02), доцент; Орозбаева А.А. к.ф.-м.н.,(01.04.07), Баатыров Р. к.ф.-м.н.,(03.01.02), доцент; Жапаркулов А.М. старший препод.; Калбекова М.Ж. препод., Акназарова С.С. препод.

Всего 15 чел.

### ПОВЕСТКА ДНЯ:

Обсуждение диссертационной работы Абдимуталиповой Зейнуры Каныбековны на тему: «Численное моделирование струйных турбулентных течений», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 - Механика жидкости, газа и плазмы.

**Научный руководитель:** доктор физико-математических наук, доцент Курбаналиев Абдикерим Ырысбаевич.

Тема кандидатской диссертации и научный руководитель утверждены на заседании Ученого Совета Ошского государственного университета (протокол №7 от 22 мая 2017 года).

## **СЛУШАЛИ:**

**Председатель:** Уважаемые участники заседания, коллеги, сегодня на заседании присутствуют 20 человек. Кворум состоялся. Позвольте заседание считать открытым. Таким образом, приступим к рассмотрению повестки дня расширенного заседания кафедры экспериментальной и теоретической физики и кафедры естественно-математических наук Ошского государственного университета.

Уважаемые коллеги, на обсуждение выносится диссертационная работа **Абдимуталиповой Зейнуры Каныбековны** «Численное моделирование струйных турбулентных течений», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности **01.02.05 - Механика жидкости, газа и плазмы**. Абдимуталипова Зейнура Каныбековны - аспирант кафедры общей физики и методики преподавания физики Ошского государственного университета.

Позвольте предоставить слово диссертанту Абдимуталиповой З.К., она нас ознакомит с основными положениями диссертационной работы.

**Абдимуталипова З.К.:** Уважаемый председатель, уважаемые участники заседания. На ваше обсуждение выносится моя диссертационная работа, посвященная на тему «Численное моделирование струйных турбулентных течений», которые рассматриваются под углом зрения точной физико-математической науки.

**Актуальность темы диссертации.** За последние несколько десятилетий струйные течение стали предметом обширных экспериментальных и численных исследований. Турбулентные круглые и плоские струи используются в различных технических приложениях и народного хозяйства: системы охлаждения, расчет теплообмена в вентилируемых помещениях. Некоторые из распространенных применений форсунок встречаются в процессах сушки, воздушных завес для кондиционирования помещений, отопления и вентиляции. Первыми публикациями о турбулентных струях являются наблюдения Юнга(1800).

**Целью исследования** является развитие метода моделирования струйных турбулентных течений в рамках прикладного пакета OpenFOAM на примере вентиляции инфекционной палаты Карасуйской территориальной больницы.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. проводить аналитического обзора существующих методов численного моделирования турбулентных струйных течений и определение возможных путей их дальнейшего совершенствования;
2. проверить адекватность используемой математической модели путем численного моделирования пристеночной турбулентной струи;
3. моделировать влияние числа Рейнольдса падающей турбулентной импактной струи на охлаждение нагревательной пластины;
4. моделировать влияние интенсивности турбулентности входной струи на процесс вентиляции модели помещения;
5. моделировать влияние отрицательного выходного граничного условия для давления на процессе вентиляции модели больничной палаты инфекционного отделения Карасуйской территориальной больницы с учетом теплообмена.

### **Научная новизна полученных результатов работы.**

1. Показано, что при моделировании процесса охлаждения нагревательной пластины с ростом числа Рейнольдса импактной струи от 8 000 до 48 000 повышается вычислительная эффективность численных расчетов с наперед заданной точностью, а именно число итераций уменьшается на 27.93 % и время расчета уменьшается на 27.82% для buoyantkEpsilon модели турбулентности.

2. Кроме того, численным моделированием обнаружено не равномерное распределение средней температуры течения в средней горизонтальной плоскости расчетной области.

3. Получено подобие течений в моделях палат с размерами  $3 \times 1 \times 1$  и  $9 \times 3 \times 1$  в двух геометрически подобных вертикальных сечениях. Показано, соответствие между экспериментом и численным расчетом для модели  $k-\omega$  SST является наихудшей при интенсивности 5%.

4. Впервые было проведено численное моделирование влияния выходного граничного условия для давления при организации вентиляции инфекционной палаты с отрицательным давлением Карасуйской территориальной больницы. Обнаружено, что профиль средней скорости увеличивается на 6% и 24 % при -8Па и -16Па отрицательных значениях выходного давления по сравнению с нулевым выходным давлением.

5. Показано, что при предложенной схеме вентиляции инфекционной палаты из трех пациентов обеспечивается нужный скоростной комфорт - скорость не превышает значения 0.2м/с.

#### **Практическая значимость полученных результатов.**

Полученные результаты данной диссертационной работы вносят определенный вклад в метод математического моделирования турбулентных струйных течений. Результаты исследования внедрены в деятельность инфекционного отделения Карасуйской территориальной больницы "Курманжан Датка".

Также можно их использовать в учебном процессе в качестве специального курса для студентов старших курсов, магистрантов и аспирантов соответствующих специальностей.

#### **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы постановка исследуемой проблемы, цели и задачи исследования, представлены научная новизна и практическая значимость работы. Анализируются современные подходы в моделировании течений несжимаемой жидкости, их преимущества и недостатки. Кратко описаны структура и основное содержание диссертации по главам.

**В главе 1— Обзор литературы** проведен обзор литературы по современным методам моделирования турбулентных струйных течений вынужденной конвекции в общей больничных палат. Проведен анализ доступной научной литературы и результатов других авторов.

**В главе 2 — Методология и Методы исследования** рассмотрены методы дискретизации обобщенного уравнения переноса для обобщенной переменной на основе метода контрольных объемов в рамках пакета OpenFOAM.

Основные результаты и выводы диссертационной работы заключается в следующем:

1. Показано, что при моделировании процесса охлаждения нагревательной пластины с ростом числа Рейнольдса импактной струи от 8 000 до 48 000 повышается вычислительная эффективность численных расчетов с наперед заданной точностью, а именно число итераций уменьшается на 27.93 % и время расчета уменьшается на 27.82% для  $buoyantkEpsilon$  модели турбулентности.

2. Кроме того, численным моделированием обнаружено не равномерное распределение средней температуры течения в средней горизонтальной плоскости расчетной области.

3. Получено подобие течений в моделях палат с размерами  $3 \times 1 \times 1$  и  $9 \times 3 \times 1$  в двух геометрически подобных вертикальных сечениях. Показано, соответствие между экспериментом и численным расчетом для модели  $k-\omega$  SST является наихудшей при интенсивности 5%.

4. Впервые было проведено численное моделирование влияния выходного граничного условия для давления при организации вентиляции инфекционной палаты с отрицательным давлением Карасуйской территориальной больницы. Обнаружено, что профиль средней скорости увеличивается на 6% и 24 % при -8Па и -16Па отрицательных значениях выходного давления по сравнению с нулевым выходным давлением.

5. Показано, что при предложенной схеме вентиляции инфекционной палаты из трех пациентов обеспечивается нужный скоростной комфорт - скорость не превышает значения 0.2м/с.

**Председатель:** Уважаемые коллеги, спасибо. Пожалуйста, у кого какие будут вопросы?

## **ВОПРОСЫ:**

**Ташполотов Ы.Т.- д.ф.-м.н., профессор:** 1) Какой метод вы использовали в своей работе? Можно ли использовать какой-либо другой метод?

2) Практическая ценность работы по моделированию струйных турбулентных течений?

**Абдимуталипова З.К.-соискатель:** Уважаемый, Ысламидин Ташполотович, благодарю Вас за заданные вопросы.

В нашей работе мы использовали метод контрольных объёмов. Этот метод - численный метод интегрирования систем дифференциальных уравнений в частных производных.

Практическая ценность диссертационной работы связана с её прикладной ориентацией, а созданные математические модели, методика и численные результаты расчета могут быть использованы для вычисления аэродинамических нагрузок, численного моделирования динамики сплошных сред. Главной задачей математического прогнозирования является определение параметров турбулентных течений, при котором используются различные существующие методы моделирования всего процесса. Особо следует подчеркнуть, проверка использованного открытого пакета OpenFOAM на различных задачах вычислительной гидродинамики, развитие детального документирования пакета. В результате выполненной работы получено 2 авторских свидетельства.

**Сопуев А.С, д.ф.-м.н., профессор:** Исследуемые ваши задачи актуальны, цель ваша понятна, а что называется, дискретизацией и какие методы дискретизации вы знаете?

**Абдимуталипова З.К.:** Процесс замены дифференциального уравнения системой алгебраических уравнений называется дискретизацией, а сама алгебраическая система – дискретным аналогом дифференциального уравнения. Существуют три широко распространенных способа получения дискретных аналогов дифференциальных уравнений в частных производных – метод конечных разностей, метод конечных объемов и метод конечных элементов.

**Турсунов Д.А.-д.ф.-м.н., профессор:** Расскажите об использованном пакете OpenFOAM. Как вы используете его в ваших расчетах?

**Абдимуталипова З.К.:** Open FOAM (Operation Field and Manipulation) — это программное обеспечение с открытым исходным кодом, изначально созданное для анализа CFD, и его основной целью является решение дифференциального уравнения в частных производных с помощью метода конечных объемов. Строго говоря, это не настоящее программное обеспечение, а библиотека, написанная на C++, которая может создавать исполняемые файлы, называемые приложениями. Внутри этой библиотеки уже скомплектовано огромное количество приложений, которые охватывают различные физические явления, такие как сложные жидкости с химическими реакциями, модели теплообмена и турбулентности. Приложения делятся на две категории: решатели и утилиты. Первые предназначены для решения задач механики сплошной среды, вторые используются для предварительной и последующей обработки данных моделирования. Одной из сильных сторон Open FOAM является то, что его исходный код полностью доступен пользователю, который может модифицировать и изменять его. Это помогает создавать персонализированные приложения за меньшее время по сравнению с их созданием с нуля.

Рассмотренные течения описываются разными уравнениями с соответствующими граничными и начальными уравнениями. В данной работе решатель simpleFoam использован для моделирования стационарных течений.

**Сыдыков Э.:** Объясните, пожалуйста, задачи вычислительной гидродинамики?

**Абдимуталипова З.К.:** Вычислительная гидродинамика – это обширный подраздел механики сплошных сред, который включает совокупность математических, физических и численных методов, предназначенных для точного вычисления особенностей потоковых процессов.

В зависимости от требований задачи среды зачастую рассматривается как сжимаемая или несжимаемая.

Задачи вычислительной гидродинамики являются одними из наиболее сложных с вычислительной точки зрения в силу нелинейности исходных математических моделей и характеристик их численного анализа. 1. Анализ движения жидкости внутри труб и каналов. 2. Закономерности обтекания жидкостями различных тел.

**Осконбаев М.Ч.–председатель заседания:** Назовите основные формы апробации диссертационного исследования.

**Абдимуталипова З.К.:** Содержание и результаты диссертационного исследования изложены в докладах на XIV Международной Азиатской школе-семинаре «Проблемы оптимизации сложных систем» (Алматы, июль 2018), на XV Международной Азиатской школе-семинаре «Проблемы оптимизации сложных систем» (Новосибирск, 2019) и др.

**Председатель:** Есть ли ещё вопросы? Если нет вопросов, тогда переходим к обсуждению.

### **ВЫСТУПИЛИ:**

**Сопуев А.С., д.ф.-м.н., профессор:** Актуальность темы исследования Абдимуталиповой З.К. не подлежит сомнению. В целом, мы увидели хорошую работу, она имеет завершённый характер, все результаты получены самостоятельно. Основные результаты исследований рассматривались и обсуждались на различных семинарах, конференциях. Диссертанту необходимо дать ещё более чёткую формулировку научной новизны результатов, практической значимости и актуальности работы. В целом я буду голосовать «за».

**Ташполотов Ы.Т., д.ф.-м.н.:** Усилие велико. Работа замечательная и актуальная. Лучше бы написали граничные условия. Диссертанту необходимо дать ещё более чёткую формулировку научной новизны результатов, практической значимости и актуальности работы. Я также голосую за положительное заключение и пожелаю ей успешной защиты.

**Калдыбаева Г.А., к.ф.-м.н., доцент:** Мы видим, что Абдимуталипова З.К. под руководством Курбаналиева А.Ы. с поставленной задачей справилась. В работе выполнено численное моделирование струйных турбулентных течений, получены новые оригинальные результаты, и её можно рекомендовать к защите. Есть определенные замечания к плакатам, рисункам, графикам.

**Сыдыков Э., к.т.н., доцент:** Тема очень актуальная и интересная. Было бурное обсуждение. В целом, я поддерживаю данную работу, и считаю, что она актуальна, есть определенная цель, научная новизна и, безусловно, заслуживает присуждения ей степени кандидата физико-математических наук. Учитывая некоторые недостатки, рекомендую к защите. Желаю успехов!

**Осконбаев М.Ч., к.ф.-м.н., доцент:** Абдимуталипова З.К. вопреки всем обстоятельствам завершила диссертационное исследование. Похвально, что диссертант, невзирая на трудности, занимается исследовательской работой. Поэтому рекомендую к защите кандидатскую диссертацию З. Абдимуталиповой на тему «Численное моделирование струйных турбулентных течений».

**Председатель:** –Следующее слово предоставляется научному руководителю, д.ф.-м.н., доцент Курбаналиеву Абдикерим Ырысбаевичу.

Курбаналиев А.Ы.– научный руководитель:

—Уважаемые коллеги, разрешите сказать несколько слов, как научный руководитель. Диссертация является результатом самостоятельных исследований, выполненных автором. Личный вклад автора состоит в постановке и определении цели работы, выборе методов достижения поставленной цели, анализе полученных результатов и публикации статей.

Основные результаты активной исследовательской деятельности Абдимуталиповой З.К. были представлены на многочисленных международных научно-практических

конференциях, получили одобрение научной общественностью и опубликованы в итоговых сборниках по результатам проведенных конференций. Прошу всех поддержать диссертацию Абдимуталиповой З.К.

**Осконбаев М.Ч.- председатель:**

—Уважаемые участники сегодняшнего заседания кафедры! Я ознакомился с диссертацией и авторефератом Зейнуры Каныбековны. Тема данной работы “Численное моделирование струйных турбулентных течений” весьма актуальна, так как вынужденная вентиляция является важным для общей инфекционной больничной палаты.

Во введении автор сформировала цель, определила задачи и научная новизна полученных результатов работы.

В первой главе проведено литературный обзор по теме диссертационной работы. Рассмотрены различные математические модели.

**Актуальность темы диссертации.** За последние несколько десятилетий струйные течение стали предметом обширных экспериментальных и численных исследований. Турбулентные круглые и плоские струи используются в различных технических приложениях и народного хозяйства: системы охлаждения, расчет теплообмена в вентилируемых помещениях. Предпринятое соискателем моделирование процесса вентиляции модели инфекционной палаты Карасуйской территориальной больницы, являются актуальной темой исследования.

**Внедрение результатов диссертации в практику.** Внедрено в учебный процесс на кафедре “Информационные системы и программирование” в качестве специального курса для студентов старших курсов, магистрантов и аспирантов соответствующих специальностей. Так же результаты исследования могут быть рекомендованы к внедрению в организации деятельности инфекционного отделения Карасуйской территориальной больницы с целью организации вентиляции инфекционной палаты с отрицательным давлением.

**Полнота отражения результатов диссертации в публикациях.** Основные результаты исследований опубликованы в 11 научных статьях и 2 авторских свидетельствах, в том числе в научных журналах за пределами Кыргызской Республики, которые входят в базы данных Scopus (1), РИНЦ (3), IF -0.173(1).

**Заключение.** Диссертационная работа З.К.Абдимуталиповой на тему: «Численное моделирование струйных турбулентных течений» является актуальной. В работе представлены результаты математического моделирования струйных турбулентных течений в рамках прикладного пакета OpenFOAM на примере вентиляции инфекционной палаты.

Представленная диссертационная работа полностью соответствует всем требованиям НАК КР, предъявляемым к кандидатским диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05-механика жидкости, газа и плазмы. Я также поддерживаю предложение о рекомендации диссертации к публичной защите.

**Осконбаев М.Ч.- председатель:**

—Есть ли еще желающие выступить? Выступающих нет. Благодарю всех участников расширенного заседания кафедры и диссертанта, желаю ей творческих успехов. Я считаю, что работа выполнена на должном уровне, заслуживает внимания, а сама соискатель достойна присуждения ей искомой ученой степени. Я тоже предлагаю дать положительное заключение диссертационной работе Абдимуталиповой З.К. и рекомендовать к защите. Прошу проголосовать за данное предложение, ибо заключения другого содержания не было.

На заседании присутствовало: 15 чел. Результаты голосования:

«за» - единогласно, «против» - нет, «воздержалось» - нет.

**Осконбаев М.Ч.- председатель:**

— Теперь перейдем ко второму вопросу заседания. По второму вопросу о дополнительной программе специальной дисциплине для сдачи кандидатского экзамена по

диссертационной работе, разработанной сотрудниками кафедры «Экспериментальная и теоретическая физика» Ошского государственного университета.

Участниками заседания были, обсуждены вопросы дополнительной программы кандидатского экзамена по профильной дисциплине и было отмечено, что в дополнительной программе в полном объеме охвачены все разделы по теме диссертации.

Председатель заседания предложил утвердить дополнительную программу. Все члены заседания единогласно проголосовали за утверждение программы.

**Председатель:** Разрешите предоставить соискателю заключительное слово.

**Абдимуталипова З.К.:** Уважаемые председатель, участники расширенного заседания кафедры, присутствующие! Позвольте выразить огромную благодарность всем тем, кто принял участие в подготовке, представлении, публичной защите и обсуждении моей диссертации, которые позволили выявить недостатки и глубже понять значение выполненной работы, а также за общую положительную оценку нашей диссертации. В дальнейшем я учту все Ваши замечания и пожелания. Благодарю Вас!!

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

### **расширенного заседания**

#### **по диссертационной работе диссертанту Абдимуталиповой З.К. на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05-механика жидкости, газа и плазмы**

Диссертационная работа Абдимуталиповой З.К. на тему: «Численное моделирование струйных турбулентных течений» является законченным научным исследованием, имеющим важное научно-практическое значение.

**Актуальность темы диссертации.** С развитием вычислительной техники моделирование физических процессов, происходящих в природе и применяемых в технических разработках, получает все более широкое распространение в научных исследованиях и на практике. При этом моделирование таких процессов, как течения жидкостей и газов, тепломассоперенос, представляет собой наиболее сложные задачи. Для решения которых требуется не только значительные вычислительные ресурсы, но и дальнейшая разработка улучшенных вычислительных технологий.

Актуальность темы исследования обусловлена потребностью в методах, позволяющих численно моделировать струйные турбулентные течения, часто встречающиеся в природе и технике.

Таким образом, вклад настоящей работы заключается в модификации и последующем тестировании моделей турбулентности RANS для применения струйного течения в разных конфигурациях труб, которые необходимы для моделирования CFD, чтобы гарантировать, что результаты согласуются с экспериментальными данными.

**Цель исследования заключается** развитие метода моделирования струйных турбулентных течений в рамках прикладного пакета OpenFOAM на примере вентиляции инфекционной палаты Карасуйской территориальной больницы.

**Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:**

1. Проведение аналитического обзора существующих методов численного моделирования турбулентных струйных течений и определение возможных путей их дальнейшего совершенствования.
2. Проверка адекватности используемой математической модели путем численного моделирования пристеночной турбулентной струи.
3. Моделирование влияния числа Рейнольдса падающей турбулентной импактной струи на охлаждение нагревательной пластины.
4. Моделирование влияния интенсивности турбулентности входной струи на процесс вентиляции модели помещения.

5. Моделирование влияния отрицательного выходного граничного условия для давления на процессе вентиляции модели инфекционной палаты Карасуйской территориальной больницы с учетом теплообмена.

#### **Научная новизна полученных результатов работы.**

1. Показано, что при моделировании процесса охлаждения нагревательной пластины с ростом числа Рейнольдса импактной струи от 8 000 до 48 000 повышается вычислительная эффективность численных расчетов с наперед заданной точностью, а именно число итераций уменьшается на 27.93 % и время расчета уменьшается на 27.82% для buoyantkEpsilon модели турбулентности.

2. Кроме того, численным моделированием обнаружено не равномерное распределение средней температуры течения в средней горизонтальной плоскости расчетной области.

3. Получено подобие течений в моделях палат с размерами  $3 \times 1 \times 1$  и  $9 \times 3 \times 1$  в двух геометрически подобных вертикальных сечениях. Показано, соответствие между экспериментом и численным расчетом для модели  $k-\omega$  SST является наилучшей при интенсивности 5%.

4. Впервые было проведено численное моделирование влияния выходного граничного условия для давления при организации вентиляции инфекционной палаты с отрицательным давлением Карасуйской территориальной больницы. Обнаружено, что профиль средней скорости увеличивается на 6% и 24 % при -8Па и -16Па отрицательных значениях выходного давления по сравнению с нулевым выходным давлением.

5. Показано, что при предложенной схеме вентиляции инфекционной палаты из трех пациентов обеспечивается нужный скоростной комфорт - скорость не превышает значения 0.2м/с.

#### **Практическая значимость полученных результатов.**

Полученные результаты данной диссертационной работы вносят определенный вклад в метод математического моделирования турбулентных струйных течений. Результаты исследования внедрены в деятельность инфекционного отделения Карасуйской территориальной больницы "Курманжан Датка".

Также можно их использовать в учебном процессе в качестве специального курса для студентов старших курсов, магистрантов и аспирантов соответствующих специальностей.

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту.** На основании результатов исследования рекомендуется для защиты нижеследующие заключения:

- Результаты моделирования пристеночной струи и охлаждения нагревательной пластины.
- Результаты моделирования струйного течения в инфекционной палате больницы.

Диссертационная работа Абдимуталиповой З.К. на тему: «Численное моделирование струйных турбулентных течений» является завершенным научным исследованием, имеющим важное научно-практическое значение, а полученные результаты представляют интерес для специалистов, занимающихся соответствующими вопросами.

Публикации основных положений результатов в диссертации достаточно полно их подтверждают.

В целом, диссертационная работа Абдимуталиповой З.К. «Численное моделирование струйных турбулентных течений» является законченным самостоятельным научным исследованием, в котором решена крупная научная проблема, имеющая важное научно-техническое значение. Диссертация имеет важную научно-практическую ценность, вносит большой вклад в методику математического моделирования турбулентных нестационарных течений, отвечает всем требованиям НАК КР к кандидатским диссертациям в соответствии с «Положением» о порядке присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05- Механика жидкости, газа и плазмы.



## ПОСТАНОВИЛИ:

1. Диссертационная работа Абдимуталиповой Зейнуры Каныбековны на тему: «Численное моделирование струйных турбулентных течений» является законченным самостоятельным научным исследованием выполненным на актуальную тему, содержащим новизну и имеющим практическое значение, что соответствует требованиям положения «О порядке присуждения ученой степени» НАК ПКР, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

2. Рекомендовать диссертационную работу на тему: «Численное моделирование струйных турбулентных течений» к дальнейшему рассмотрению в диссертационном совете Д 01.22.652 при КГТУ им.И.Раззакова и КРСУ им. Б.Ельцина на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности: 01.02.05-механика жидкости, газа и плазмы.

3. Утвердить дополнительную программу специальной дисциплины для сдачи кандидатского экзамена по диссертационной работе Абдимуталиповой Зейнуры Каныбековны на тему: «Численное моделирование струйных турбулентных течений» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности: 01.02.05-механика жидкости, газа и плазмы.

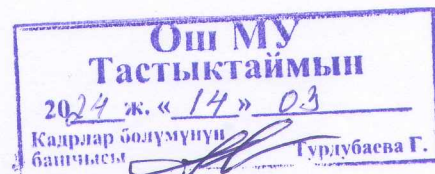
**Председатель**  
кандидат физико-математических наук,  
доцент заведующий кафедрой экспериментальной и  
теоретической физики ОшГУ



М.Ч. Осмонбаев

Секретарь заседания:

Турдали к Н.



**«УТВЕРЖДАЮ»**  
Проректор по научной работе  
Ошского государственного университета,  
к. ф.-м. н, доцент Р. Н. Арапбаев



« 14 » 03 2024г.

Ошский государственный университет  
Институт математики, физики, техники и информационных технологий

Дополнительная программа  
кандидатского минимума  
Специальность 01.02.05 - механика жидкости, газа и плазмы

Программа рассмотрена на расширенном заседании  
кафедры Экспериментальной и теоретической физики

Протокол №8 от 14.03. 2024 г.

Заведующей кафедрой,

к. ф.-м. н, доцент:



М.Ч. Өскөнбаев

Ош- 2024

**Дополнительная программа кандидатского минимума  
по специальности 01.02.05 - механика жидкости, газа и плазмы**

1. В чем заключается суть метода объема жидкости для описание двухфазных течений? [1, с. 384]
2. Методы решения СЛАУ. [1, с.91]
3. Модели переноса напряжений Рейнольдса. [1, с.304]
4. Уравнения осредненного движения – RANS. [1, с. 292]
5. Двух параметрические модели турбулентности. [2, с. 122]
6. Методы моделирование крупных вихрей. [3, с. 62, 1, с. 277], [4, с.72]  
Прямое численное моделирование турбулентных течений. [1, с. 267], [4, с.70, 3, с. 27]
7. Методы дискретизации уравнений движения турбулентного течения. [6, с. 29, 7, с 134],
8. Виды граничных условий, физическое граничное условия. [8, 745р.]
9. Методы численного решение основных уравнений движение газа и жидкости в пакете OpenFoam. [6, с. 85, 7, с 179, 8, 561р., 655р.].
- 10.Технология математического моделирования.
11. Граничные условия [6, с. 39].
- 12.Модель идеальной жидкости. Уравнения Эйлера

### Основная литература

1. Ferziger J. H., Peric M. Computational Methods for Fluid Dynamics. Berlin: Springer Verlag, 2002. –423p.
2. Wilcox D.C. Turbulence Modeling for CFD, DCW Industries, California, USA, 2000. – 537p.
3. Солодов В.Г. Моделирование турбулентных течений. Расчет больших вихрей: Монография. – Харьков: ХНАДУ, 2001. – 168 с.
4. Волков К.Н., Емельянов В.Н. Моделирование крупных вихрей в расчетах турбулентных течений. – М.: Физматлит, 2008. –368с.
5. Гарбарук А.В., Стрелец М.Х., Шур М.Л. Моделирование турбулентности в расчетах сложных течений: Учебное пособие. – СПб: Издательство политехнического университета, 2012. – 88с.
6. Патанкар С.В. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости: Пер. с. англ. –М.: Энергоатомиздат, 1984. – 152с.
7. Versteeg Н. К., Malalasekera W. An Introduction to Computational Fluid Dynamics. Edinburg: Pearson Education Limited. –2007. –517p.
8. Мазо А.Б. Моделирование турбулентных течений несжимаемой жидкости. [Текст]/ Учебное пособие. – Казань: КГУ, 2007. – 106 с.

### Дополнительная литература

1. Курбаналиев А.Ы., Тайиров М.М. Применение пакета OpenFOAM для моделирования течений со свободными границами. // Известия КГТУ им. И.Раззакова. №24. - Бишкек, 2011, с. 421-424.
2. Жайнаков А.Ж., Курбаналиев А. Ы. Математическое моделирование задачи прорыва дамбы. // Вычислительные технологии. - Новосибирск, 2013, том 18, №3, с. 12-21.