



Проректор по научной работе  
КГТУ им.И.Раззакова  
к.т.н. Арзыбаев А.М.

2024 г.

## ВЫПИСКА

из протокола № 3 от 22.11.2024 г. заседания сотрудников кафедры «Информационные системы в экономике» Кыргызского государственного технического университета им.И.Раззакова по предварительной апробации диссертационной работы соискателя Абдрасаковой Айзады Байышбековны на тему: «Математическое моделирование регионального климата для отдельных областей Кыргызстана» представленной на соискание ученой степени кандидата физико - математических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

г. Бишкек

22.11.2024г.

1. **Председатель:** Жапаров М.Т. - к.ф.м.н., зав.кафедрой «Информационные системы в экономике» КГТУ им.И.Раззакова 01.01.03 – математическая физика;
2. **Секретарь:** Батырбекова Б.М. – преподаватель кафедры «Информационные системы в экономике» КГТУ им.И.Раззакова

### Присутствовали:

3. Сулайманова С.М. д.ф.м.н., проф. кафедры «Прикладная математика и информатика» КНУ им.Ж.Баласагына 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ;
4. Торобеков Б.Т д.т.н., проректор, проф.кафедры кафедры «Информационные системы в экономике» КГТУ им.И.Раззакова, 05.13.01 – системный анализ, управление и обработка информации;
5. Кутуев М.Д. д.т.н., проф. кафедры «Строительная механика и гидротехническое строительство» КГТУ им.И.Раззакова, 05.23.17- строительная механика;
6. Акматкулов А.А. д.п.н., проф. кафедры «Информационные системы в экономике» КГТУ им.И.Раззакова.13.00.02 - теория и методика обучения и воспитания (математика);
7. Картанова А.Дж. к.ф.-м.н., доц. кафедры «Информационные системы в экономике» КГТУ им.И.Раззакова 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ
8. Дуйшоков К.Д. к.ф.м.н., доц. кафедры «Информационные системы и технологии» КГТУ им.И.Раззакова 05.13.16 - применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях;
9. Абыкеев К.Ж к.т.н., доц. кафедры «Компьютерная лингвистика» КГТУ им.И.Раззакова 05.13.18- математическое моделирование, численные методы и комплексы программ ;
10. Осмонова Р.Ч. к.т.н., доц. кафедры «Информационные системы в экономике» КГТУ им.И.Раззакова 05.13.16 - применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях;
11. Цыбов Н.Н к.т.н., доц. кафедры «Информационные системы в экономике» КГТУ им.И.Раззакова 05.13.01 -системный анализ, управление и обработка информации;

12. Кененбаева Г.М.- д.ф.-м.н., руководитель ОП «Прикладная математика и информатика» КНУ им.Ж.Баласагына 01.01.02 – дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление;
13. Осмонов К.Т. к.ф.-м.н., доц. кафедры «Прикладная информатика» КГТУ им.И.Раззакова 01.01.02 – дифференциальные уравнения и математическая физика;
14. Каримбаев Т.Т. к.т.н., доц. кафедры «Информационные системы в экономике» КГТУ им.И.Раззакова 05.02.18 – теория механизмов и машин;
15. Тынышова Т.Д. к.ф.м.н., доц. «Обеспечение безопасности информационных систем» КГТУ им.И.Раззакова 01.04.05 - оптика (физико-математическим и техническим наукам);
16. Орозобекова А.К. к.ф.м.н., доц., зав.каф. «Прикладная информатика» КГТУ им.И.Раззакова 01.02.05 -механика жидкости, газа и плазмы ;
17. Алишеров А.А. к.ф.м.н., доц. «Прикладная математика» КГТУ им.И.Раззакова 01.01.02 – дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление;
18. Алымбаева Т.С. ст.преп. кафедры «Прикладная математика» КГТУ им.И.Раззакова;
19. Белоконь П.И. ст.преп. кафедры «Информационные системы в экономике» КГТУ им.И.Раззакова;
20. Абдиева С.К., ст.преп. кафедры «Информационные системы в экономике» КГТУ им.И.Раззакова;
21. Супибекова А.К. ст.преп. кафедры «Информационные системы в экономике» КГТУ им.И.Раззакова;
22. Давлятова Б.Д. доцент кафедры «Информационные системы в экономике» КГТУ им.И.Раззакова;
23. Сыдыкова З.А. преп. кафедры «Информационные системы в экономике» КГТУ им.И.Раззакова;
24. Осмонов Ж. преп. кафедры «Информационные системы в экономике» КГТУ им.И.Раззакова;

**Всего 24 человек**

#### **ПОВЕСТКА ДНЯ:**

1).Предварительной рассмотрению диссертации соискателя кафедры «Информационные системы в экономике» КГТУ им.И.Раззакова Абдрасаковой Айзады Байышбековны на тему: «Математическое моделирование регионального климата для отдельных областей Кыргызстана» на соискание ученой степени кандидата физико - математических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

2). Рассмотрение и обсуждение дополнительной программы специальной дисциплины для сдачи кандидатского экзамена по диссертационной работе Абдрасаковой Айзады Байышбековны на тему: «Математическое моделирование регионального климата для отдельных областей Кыргызстана», представленной на соискание ученой степени кандидата физико - математических наук по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Тема кандидатской диссертации и научный руководитель утверждены на основании решения Ученого совета КГУСТА им.Н.Исанова от 28.02.2019г , приказ№ 19-3/2019-05.

**Научный руководитель** -доктор физико –математических наук., профессор кафедры «Прикладная математика и информатика» КНУ им.Ж.Баласагына Сулайманова Света Мукашевна (05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ);

#### **Назначенные рецензенты:**

1. Дуйшоков К.Д. к.ф.м.н., доц. кафедры «Информационные системы и технологии» КГТУ им.И.Раззакова 05.13.16 - применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях;

2. Кененбаева Г.М.- д.ф.-м.н., проф. руководитель ОП «Прикладная математика и информатика» КНУ им.Ж.Баласагына 01.01.02 – дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление.

**СЛУШАЛИ:** доклад соискателя Абдрасаковой А.Б. на тему: “Математическое моделирование регионального климата для отдельных областей Кыргызстана” (*Доклад сопровождался демонстрацией слайдов*).

Уважаемы коллеги!

В условиях глобального изменения климата исследование региональных климатических характеристик и оценка будущих изменений климата и их последствий имеют существенное значение при планировании социально-экономического развития регионов Кыргызской Республики, что обуславливает актуальность данной работы. Наблюдаемые региональные климатические изменения имеют тенденцию к повышению среднегодовой температуры воздуха, при этом наибольший рост отмечается с середины 1970-х гг.

В Национальном докладе о состоянии окружающей среды оценка климатических изменений выполнена с преобразованием исходных рядов наблюдений, и заключается в дифференцировании отдельных рядов, усреднении дифференцированных рядов, затем интегрировании суммарного ряда. В исторических рядах использованных метеостанций была устранена климатическая неоднородность (гомогенизация), проведен этап проверки качества данных и заполнены пробелы с использованием специализированного программного приложения.

Рассматривается анализ уровня наблюдаемых и ожидаемых климатических изменений, степени воздействия на Кыргызскую Республику для эффективного выполнения необходимых действий по адаптации к климатическим изменениям. Также указано, что наблюдаются многочисленные последствия климатических изменений, которые даже на настоящем уровне оказывают серьезное воздействие на окружающую среду, здоровье населения и различные сферы экономической деятельности человека.

Многочисленные исследование показывают, что в условиях глобального потепления по-разному ведут себя температуры, усредненные по отдельным регионам. Изменения регионального климата происходят часто гораздо быстрее на фоне глобальных изменений.

**Цель диссертационной работы** - разработка и применение математических моделей для анализа и прогнозирования климатических параметров (средней температуры воздуха, уровня CO<sub>2</sub> и осадков) в отдельных регионах Кыргызстана на основе современных методов машинного обучения и численного моделирования.

**Для достижения цели исследования были поставлены следующие задачи:**

1. Провести сравнительный анализ и прогнозирование среднемесячной температуры воздуха в отдельных регионах Кыргызстана на основе временных рядов с использованием методов машинного обучения;
2. Осуществить анализ динамики и прогнозирование выбросов углекислого газа (CO<sub>2</sub>) в атмосферу с учетом климатических и антропогенных факторов;
3. Разработать математические модели для описания процессов переноса загрязняющих веществ в атмосфере, включая уравнение Навье-Стокса для моделирования движения выбросов и уравнение переноса примесей с учетом наличия препятствий;
4. Выполнить численный расчет фильтрации потоков жидкости в пористую среду с учетом разрыва пористости для оценки гидродинамических процессов, влияющих на климатическую систему региона;
5. Провести анализ и прогнозирование среднемесячных сумм осадков за последние 100 лет по данным метеорологических наблюдений, используя модели временных рядов и методы машинного обучения;

6. Выполнить численное моделирование процессов диффузии загрязняющих веществ в атмосфере от точечного источника с использованием программного комплекса ANSYS CFX, учитывая влияние турбулентных процессов и аэродинамических факторов;

7. Осуществить расчет траекторий распространения загрязняющих веществ в атмосфере с учетом турбулентных эффектов и наличия препятствий, используя методы вычислительной гидродинамики в программном комплексе ANSYS Fluent.

**Научная новизна** работы состоит в разработке математической модели прогнозирования среднемесячной температуры воздуха, позволяющей оценивать изменения температуры с точностью до 1,6°C, основанной на нейросетевой архитектуре LSTM и проанализированной на данных за 100-летний период (1921–2021 гг.);

- выполнен прогноз динамики выбросов углекислого газа (CO<sub>2</sub>) и общих трендов парниковых газов (ПГ) за 1990–2022 гг., проведена аппроксимация выбросов ПГ до 2050 г.;

- получена математическая модель турбулентного потока дыма при наличии препятствий на пути его распространения от точечного источника, разработанная с использованием программного комплекса ANSYS Fluent;

- впервые применено уравнение Навье-Стокса для моделирования турбулентного потока дыма с учетом влияния препятствий на траекторию его распространения от точечного источника выбросов;

- разработана модель диффузионного рассеивания дымовых выбросов в атмосферу с использованием программного комплекса ANSYS CFX, учитывающая динамические характеристики потока;

- впервые применено уравнение потока энергии для моделирования диффузионного рассеивания дымовых выбросов в атмосфере от точечного источника;

- получены количественные зависимости скорости и дальности распространения дымовых потоков от направления и скорости ветра, что позволяет более точно учитывать атмосферные условия при прогнозировании загрязнения воздуха;

- выполнены численные расчеты фильтрации распространения потока жидкости в пористую среду с учетом разрыва пористости, что позволяет учитывать гидродинамические процессы в неоднородных пластах, влияющие на климатическую систему;

- проведен анализ среднемесячных осадков за 1921–2021 гг., разработана модель прогнозирования среднемесячных сумм осадков до 2040 г. с учетом региональных климатических особенностей Кыргызстана.

Кыргызская Республика расположена в Центральной Азии и характеризуется высокогорным рельефом. Она включает в себя множество горных склонов, по отношению к солнцу и потокам воздуха, определяет особенность климата и четко выраженную вертикальную климатическую поясность.

Особенности рельефа, на территории Кыргызской Республики наблюдается вертикальная поясность также и в распределении осадков, которая особенно хорошо проявляется в теплый период и в целом за год.

Многочисленные исследования показывают, что в условиях глобального потепления по-разному ведут себя температуры, усредненные по отдельным регионам. Изменения регионального климата происходят часто гораздо быстрее на фоне глобальных изменений.

*Анализ и прогноз климатических данных.* Прогнозирование климата и погоды — данные, основанные на времени, регулярно собираются с многочисленных взаимосвязанных метеостанций по всей стране, а методы машинного обучения позволяют тщательно анализировать и интерпретировать их для будущих прогнозов на основе статистической динамики. Выбираем временной ряд, содержащий 500-600 значений среднемесячной температуры, и разбиваем его на три множества: обучающую, тестирующую и контрольную выборки, которые затем подаются на вход сети.

Чтобы спрогнозировать значения нескольких временных шагов в будущем, использована функция predictAndUpdateState для прогнозирования временных шагов по одному и обновления состояния сети при каждом прогнозе. Сеть LSTM обучается прогнозировать изменения среднемесячной температуры с учетом значения средней температуры в предыдущие месяцы.

Глобальное потепление во многих исследованиях по изменению климата связывается с ростом малой концентрации углекислого газа  $k_{CO_2}$  в атмосфере ( $k_{CO_2}=5 \times 10^{-4}$ ). При решении задачи прогнозирования временных рядов, членами которых являются эмиссии и парниковые газы в эквиваленте  $CO_2$  тысячи тонн в год начиная с 1990 по 2018 гг., в качестве нейронной сети была выбрана обобщенно-регрессионная сеть, реализующая методы ядерной аппроксимации (GRNN). Недавние исследования в области прогнозирования с помощью GRNN предполагают, что GRNN может быть многообещающей альтернативной традиционной модели временных рядов. Он показал большие возможности в моделировании и прогнозировании нелинейных временных рядов и постепенно входит в ряды многоцелевых, широко используемых методов.

Подробный анализ климатических изменений на территории Кыргызской Республики показал, что температура за период с 1885 по 2020 гг. значительно возросла, при этом динамика имеет нелинейный характер и в последние десятилетия также существенно увеличилась. Вышеуказанные графики имеют явно периодичность и возрастающий линейный тренд начиная с 1970-годов.

В среднем для Кыргызской Республики в ближайшее десятилетие ожидается повышение средней температуры на  $1,8^{\circ}C$ , величина повышения среднегодовой температуры воздуха за 90 лет (1925–2015 гг.) на основе линейных трендов составила  $1,6^{\circ}C$ .

*Математическое моделирование распространения выбросов в атмосферу от точечного источника*

1. Турбулентная модель распространения выбросов в атмосферу от точечного источника с программным комплексом Ansys Fluent.

Модель турбулентности является моделью многофазной турбулентности. Она представляет собой первое расширение однофазной  $\epsilon$  модели и применима при разделении фаз, для стратифицированных (или почти стратифицированных) многофазных  $k$  потоков и когда отношение плотности между фазами близко к 1. В этих случаях достаточно использовать свойства смеси и скорости смеси, чтобы уловить важные характеристики турбулентного потока.

Уравнения  $k$  and  $\epsilon$ , описывающие эту модель, выглядят следующим образом:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho_m k) + \nabla \cdot (\rho_m \vec{v}_m k) = \nabla \cdot \left( \frac{\mu_{t,m}}{\sigma_k} \nabla k \right) + G_{k,m} - \rho_m \epsilon \quad (1)$$

и

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho_m \epsilon) + \nabla \cdot (\rho_m \vec{v}_m \epsilon) = \nabla \cdot \left( \frac{\mu_{t,m}}{\sigma_\epsilon} \nabla \epsilon \right) + \frac{\epsilon}{k} (C_{1\epsilon} G_{k,m} - C_{2\epsilon} \rho_m \epsilon) \quad (2)$$

где плотность и скорость смеси, и  $\vec{v}_m$ ,  $\rho_m$  вычисляются по формуле

$$\rho_m = \sum_{i=1}^N \alpha_i \rho_i \quad (2)$$

и

$$\vec{v}_m = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_i \rho_i \vec{v}_i}{\sum_{i=1}^N \alpha_i \rho_i} \quad (3)$$

Турбулентная вязкость,  $\mu_{t,m}$  вычисляется по формуле

$$\mu_{t,m} = \rho_m C_\mu \frac{k^2}{\epsilon} \quad (4)$$

а производство кинетической энергии турбулентности,  $G_{k,m}$  вычисляется по формуле

$$G_{k,m} = \mu_{t,m} (\nabla \vec{v}_m + (\nabla \vec{v}_m)^T) : \nabla \vec{v}_m \quad (4)$$

Константы в этих уравнениях такие же, как и описанные в разделе для однофазной  $k$   $\epsilon$  модели.

2. Диффузная модель распространения выбросов в атмосферу от точечного источника программным комплексом Ansys CFX.

$$\begin{aligned} \frac{\partial C}{\partial t} = & \frac{\partial(U_x C)}{\partial x} - \frac{\partial(U_y C)}{\partial y} - \frac{\partial(U_z C)}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x} \left( K_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \\ & + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) + E - (k_1 + k_2) C + Q(C), \end{aligned}$$

где  $C$  — концентрация химических веществ, участвующих в модели ( $CO$ ,  $NO_x$ ,  $SO_2$  и  $TH$ ),  $U$  — скорость ветра,  $K_x$ ,  $K_y$ ,  $K_z$  — коэффициенты диффузии,  $E$  — источники выбросов,  $K$  — коэффициенты осаждения (для сухого и влажного осаждения соответственно) и  $Q(C)$  представляют собой химические реакции.

Используются следующие предположения:

1. Стационарные условия ( $\partial C / \partial t = 0$ )
2.  $U_y = U_z = 0$  (скорость ветра только в направлении  $x$  и является функцией  $z$ )
3. Перенос объемным движением в направлении  $x$  превышает диффузию в направлении  $x$  ( $K_x = 0$ )
4. Отложений в системе нет ( $K_1 = K_2 = 0$ ).
5. В системе нет реакции ( $Q = 0$ )

*Моделирование распространения выбросов в атмосферу от точечного источника с программным комплексом (ПК) ANSYS*

Проанализированы возможности программного комплекса ANSYS R 2019 CFX и Fluent для компьютерного трехмерного моделирования дыма из дымовой трубы. Даны основные принципы решения задач ANSYS R 2019 CFX и Fluent.

1. Для турбулентной модели в Ansys Workbench выбирается компонент Fluent, который содержит: Геометрию объекта, сетку объекта, Граничные условия, Поиск решения и получение результатов.

Этап создания геометрии определяются компонентами “Дымовой трубы”:

- Extrude - форма (цилиндр) дымовой трубы
- Inlet 1 - вход дымовой трубы
- wall 1 - ствол дымовой трубы
- Outlet 1 - выход дымовой трубы
- Enclosure - пространство дымовой трубы
- Inlet 2 - вход пространства дымовой трубы
- wall 2 - пространство дымовой трубы
- Outlet 2 - выход пространства дымовой трубы
- 2 Parts. 2 Bodies - определение жидких (газообразующее) тел (дымовую трубу, пространство) .

Раздел сетки элементов (Mesh) располагается в дереве проекта и позволяет управлять настройками сетки. Определяем генерацию сетки, определяется метод - Automatic Method, Scoping Method - Geometry Selection, Geometry - Apply.

Задание граничных условий. Для этого определяется вкладка Boundary Conditions (граничные условия), выбрать в списке граничных условий inlet1, проверить, что типом данного граничного условия является velocity inlet (вход потока с заданием его скорости), и задать следующие параметры:

Вкладка Momentum (количество движения):

Velocity Magnitude (величина скорости) 2 m/s

Turbulence (турбулентность):

Specification Method Intensity and Hydraulic Diameter

(метод задания интенсивность и гидравлический диаметр)

Turbulent Intensity (интенсивность турбулентности) 5 %

Hydraulic Diameter (гидравлический диаметр) 4 in

Thermal (теплопередача):

Temperature (температура) 297

Определяется Scheme - Simplec

Аналогичным образом поочередно задать параметры всех граничных условий:

inlet2:

Type velocity-inlet

Momentum: Velocity Magnitude - 0.4 m/s

Turbulence:

Specification Method Intensity and Hydraulic Diameter Turbulent Intensity 5 %

Hydraulic Diameter 0.8 in Thermal: Temperature 363 k outlet:

Type pressure-outlet (выход с заданием давления) Momentum: Gauge Pressure (статическое избыточное давление) 0 Turbulence: Specification Method Intensity and Hydraulic Diameter Backflow Turbulent Intensity 5 % Backflow Hydraulic Diameter 4 in Thermal: Backflow Temperature 310 k symmetry: Type symmetry (симметрия)

Выдается график после выполнения 200 итераций.

Для анализа результатов запускается пост-процессор, после выполнения всех расчетов выдаются графики: “Статическое давление дыма на преграду (здание)”, “Турбулентная кинетическая энергия дыма на преграду (здание)”, “Вектор скорости по величине дыма на преграду (здание)”

Производится инициализация расчетов (Solution Initialization Initialize) и выполняется расчет (Run Calculation Calculate) и выдается результат.

2. Для диффузионной модели распространения дыма из дымовой трубы в Ansys

Workbench выбирается компонент CFX, который также содержит: Геометрию объекта, сетку объекта в Mechanical, Граничные условия, Поиск решения и получение результатов в CFX.

В диффузионной модели распространения дыма из дымовой трубы выведены уравнения, определяющие концентрацию дыма в стационарном случае и переход на нестационарный зависящий от времени концентрации дыма. Исследованы влияние метеорологических параметров и параметров дымовой трубы на рассеивание загрязняющих веществ, таких как скорость ветра, температура окружающего воздуха, стабильность атмосферы, температура на выходе дымовой трубы, скорость и высота дымовой трубы

Параметры моделирования объекта:

- Длина пространства -600м.
- Ширина пространства - 100м.
- Высота пространства -200м.
- Диаметр выхода дыма №1 трубы(outlet1) - 20м.
- Диаметр выхода дыма №2 трубы(outlet1) - 25м.
- Диаметр выхода дыма №3 трубы(outlet1) - 15м.

На основе вышеуказанных параметров строится геометрия объекта в 3D моделировании В данном случае 3 трубы, и пространство.

На основе геометрии объекта строится сетка (Meshing) определяются параметры сетки “Meshing”: определяем метод - Automatic Method (Автоматический метод), Scoping Method (Метод определения объема). Задается параметр - Element size (Размер элемента)- 4м. Процесс (Meshing). Создание сеточной модели Meshing с компонентом “Mechanical Model”. По аналогичным способом вышеуказанного примера определяются параметры сетки “Meshing” - метод и размер.

На этапе определения граничных условий создается дополнительная переменная (Additional variable) (нереагирующая скалярная составляющая) будет использоваться для моделирования рассеивания дыма из вентиляционного отверстия.

В стационарной симуляции, используется поддержка инициализации значений решателем ANSYS 2019 R3 CFX-Solver оставив инициализацию всех данных, получаем графики распространение загрязнителей воздуха в режимах (Streamline) и (Isosurface).

*Численное моделирование процессов фильтрации жидкости и прогнозирование осадков:* Численное моделирование переноса пассивной примеси над ограниченной территорией, моделирование процесса тепловлагопереноса в неоднородной пористой среде с учетом разрыва пористости. Прогнозирование временных рядов осадков с помощью нейронных сетей на Python (LSTM, RNN, CNN модели). Получены результаты численного расчета фильтрации потоков жидкости в пористую среду с учетом разрыва пористости для оценки гидродинамических процессов, влияющих на климатическую систему региона

**Абдрасакова А.Б.:** Доклад окончен. Спасибо за внимание!

**ВОПРОСЫ ПО ДОКЛАДУ.**

**Осмонов К.Т. к.ф.-м.н., доцент**

**1.Вопрос:** Какая скорость ветра при определении потока загрязняющих веществ от точечного источника диффузной модели?

**Ответ:** Ответ к первому вопросу. Скорость ветра в диффузной модели 5м/с при определении потока дыма загрязняющих веществ от точечного источника.

**2.Вопрос.** Какой коэффициент диффузии?

Ответ ко второму вопросу. При диффузной модели при определении потока дыма загрязняющих веществ от точечного источника определяется выражением первого закона Фика, связывающего градиент концентрации вещества [моль/м<sup>3</sup>/м] и диффузионный поток [моль/м<sup>2</sup>/с], т.е. указывает направление потока от больших концентраций к меньшим.

**Орозобекова А.К. к.ф.-м.н., доцент.**



**1.Вопрос:** Предусматривается ли влажность воздуха при определении потока загрязняющих веществ от точечного источника?

**Ответ:** В обеих моделях: диффузионной и турбулентной влажность воздуха на поток загрязняющих веществ от точечного источника не учитывается, рассматриваются такие параметры как: температура воздуха и скорость ветра в одном направлении в определенном пространстве.

**2.Вопрос:** Какие данные подаются на вход построения для нейросетевой модели?

**Ответ:** Данные по среднемесячным температурам начиная с 1921 по 2021гг. Исходные данные содержат один временной ряд с временными шагами, соответствующими месяцами и соответствующими значениями среднемесячной температуры. Выход представляет собой массив ячеек, где каждый элемент представляет собой один временной шаг.

**Цыбов Н.Н. к.т.н., доцент**

**1. Вопрос:** Какие проблемы Вы рассматриваете в вашем исследовании?

**Ответ:** В исследовании рассматриваются следующие проблемы как: Сравнительный анализ и прогноз повышение температуры, следовательно со временем меняет погодные условия и нарушает обычный природный баланс.

выбросы парниковых газов которое задерживают солнечное тепло, что приводит к глобальному потеплению и изменению климата. В настоящее время планета нагревается быстрее, чем когда-либо в истории человечества. Это создает множество рисков для людей и всех остальных форм жизни на Земле.

**Каримбаев Т.Т. к.т.н., доцент.**

**1.Вопрос:** При каких диапазонах график концентрации дыма будет колебательной ?

**Ответ:** В исследовании по диффузионной модели потока дыма от точечного источника график концентрации дыма возрастает до асимптотического значения достигая 90% от конечного значения в зависимости от подачи ветра с одной стороны определенного пространства. Имеются 34 эксперимента где подаются разные скорости ветра с разных сторон пространства где образуются вихри ветра и соответственно график дыма будет колебательным.

**Давлятова Б. доцент**

**1.Вопрос:** Учитывается ли в турбулентной модели “Роза ветров” на поток дыма?

**Ответ:** “Роза ветров” - при турбулентной модели на поток дыма не учитывался, так как в исследовании определены скорость ветра в одном направлении в определенном пространстве

**Осмонова Р.Ч. к.т.н., доц.**

**1.Вопрос:** Какой метод или какие вычисления используются при турбулентной модели потока выбросов в процессе их распространения из дымовой трубы?

**Ответ:** Вычисления в программном комплексе ANSYS Fluent при турбулентной модели потока загрязнителей в атмосферу и их распространения из дымовой трубы на пути препятствий проводится с помощью метода конечных элементов. Созданы полигональные сетки для трехмерных моделей для реализации метода конечных элементов. На рисунках показано как меняется траектория потока примесей в зависимости от препятствий. В модели после столкновения с препятствием траектория потока загрязняющих веществ направляется вверх.

**Выступление научного руководителя.**

**1.Сулайманова С.М. д.ф.-м.н., профессор.** Диссертантом выполнена большая, интересная работа, была проявлена самостоятельность в выполнении научного исследования и на достаточно высоком научно-практическом уровне.

В целом диссертационная работа Абдрасаковой А.Б. имеет заверченный характер. В ходе исследования Абдрасакова А.Б. проделала достаточно глубокий сравнительный анализ

научных подходов к данной проблеме. На достаточном высоком уровне выявила прогноз климатических данных на территории Кыргызстана на ближайшие десятилетие. Разработанные модели позволяют эффективно прогнозировать климатические параметры, включая среднемесячную температуру воздуха, осадки и динамику выбросов загрязняющих веществ, что способствует более точному анализу климатических изменений в отдельных регионах Кыргызстана; математические модели распространения выбросов из дымовых труб, учитывающие влияние препятствий и метеорологических факторов, позволяют оценивать траектории движения загрязняющих веществ в атмосфере и предсказывать зоны наибольшего их накопления; применение уравнений Навье-Стокса и потока энергии для моделирования турбулентных и диффузионных процессов позволяет проводить точные расчеты динамики атмосферных выбросов в трехмерном пространстве с учетом нестационарных факторов; использование программных комплексов ANSYS Fluent и ANSYS CFX дает возможность решать стационарные и нестационарные задачи в 3D-моделировании, что позволяет повысить точность расчетов процессов переноса загрязняющих веществ в атмосфере; полученные количественные зависимости скорости и дальности распространения дымовых потоков от направления и скорости ветра, стабильности атмосферы, температуры потока на выходе из трубы, температуры воздуха могут быть использованы при экологическом мониторинге и разработке мер по снижению вредного воздействия промышленных выбросов; разработанные прогнозные модели изменения температуры воздуха и осадков могут быть применены в сельском хозяйстве, водных ресурсах и градостроительстве для адаптации к изменениям климата и эффективного управления природными ресурсами.

Оценивая диссертационную работу Абдрасаковой А.Б. по теме “Математическое моделирование регионального климата для отдельных областей Кыргызстана”, в целом следует отметить, что она представляет собой законченное научное исследование, посвященное актуальной проблеме, выполненное на высоком научно -практическом уровне, включает ряд новых ценных научных обобщений, и практических рекомендаций, соответствует требованиям НАК ПКР, предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико - математических наук по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

#### **Выступление рецензентов:**

##### **Первый рецензент.**

##### **1. Дуйшоев К.Д. к.ф.-м.н, доцент.**

В диссертационной работе Абдрасаковой А.Б. исследуется изменение регионального климата отдельных областей Кыргызстана, где наблюдается интенсивное техногенное воздействие на состояние окружающей среды.

Автором использован метод математического моделирования движения воздушной массы над достаточной большой территорией, содержащих источник загрязнения. Математические модели распространения выбросов в атмосферу достаточно хорошо исследованы автором. Для проведения численных экспериментов Абдрасакова А.Б. использовала современные вычислительные технологии.

К рекомендациям следует отнести:

1. Провести сравнительный анализ результатов своих исследований с известными результатами из литературных источников.

Диссертационная работа соответствует всем требованиям, выполнена на высоком уровне, считаю, что работа завершена и можно выходить на защиту по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

##### **Ответ соискателя рецензенту:**

Глубокоуважаемый Кайрат Дуйшокович, благодарю за ваше рецензирование нашей работы, положительную оценку. Ваши замечания будут учтены нами при окончательном оформлении работы.

**Второй рецензент.**

**2. Кененбаева Г.М.- д.ф.-м.н., проф.**

Диссертационные исследования Абдрасаковой А.Б. связана с один из важных проблем сегодняшнего дня, глобальное изменение климата. Глобальное изменение климата касается не только Кыргызстана но и по всему миру. Особенно последние десятилетия климатический показатель как температура атмосферного воздуха показал нелинейный рост, а также проблема выбросов загрязнителей в окружающую среду усиливает парниковый эффект и приводит к повышению температуры воздуха.

Исследовательская работа Абдрасаковой А.Б. в целом можно считать обоснованными. Особо хочется отметить:

1. Проведен подробный анализ климатических изменений на территории Кыргызстана.
2. Разработанные модели позволяют успешно изучить прогнозирование климатических данных.

В качестве замечаний к диссертационной работе следует отнести следующее:

1. По оформлению и наполнению списка используемой литературы, в работе использованы не все имеющиеся информационные ресурсы, касающиеся данной проблемы.
2. Имеются стилистические ошибки.

Но эти замечания не влияют на справедливость выводов и полученную научную новизну диссертации.

Считаю, что по актуальности, научной новизне, практической значимости и объему выполненных исследований, работа Абдрасаковой А.Б. соответствует всем требованиям выполнена на высоком уровне, считаю, что работа завершена и можно выходить на защиту по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

**Ответ соискателя рецензенту:**

Глубокоуважаемая Гуляй Мекишовна, благодарю за ваше рецензирование нашей работы, положительную оценку. Ваши замечания будут учтены нами при окончательном оформлении работы.

**ВЫСТУПИЛИ:**

**Цыбов Н.Н. к.т.н., доц.** Тема диссертации Абдрасаковой А.Б. достаточно актуальна в изменении климата Кыргызстана и требует глубокого научного исследования. Оценка будущих изменений климата и их последствий имеют существенное значение при планировании социально-экономического развития регионов Кыргызской Республики, что обуславливает актуальность данной работы.

К замечаниям по диссертационной работе следует отнести:

- в автореферате более глубоко раскрыть положения, выносимые на защиту;
- в работе конкретизировать алгоритм прогноза среднемесячной температуры атмосферного воздуха с помощью нейронных сетей.

Диссертационная работа Абдрасаковой А.Б. на тему: “Математическое моделирование регионального климата для отдельных областей Кыргызстана” соответствует по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Рекомендую завершить работу и представить к защите по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

**Каримбаев Т.Т. к.т.н., доц.** Работа, несомненно, актуальная, проведен подробный сравнительный анализ и прогноз климатических данных в изменении климата. Диссертация выполнена на хорошем научном уровне, имеет научную новизну и практическую ценность.

В качестве замечания следует отметить, что в автореферате требуется внести дополнения и коррективы относительно положений, выносимых на защиту.

В целом диссертационная работа Абдрасаковой А.Б. представляет собой законченное научное исследование, посвященное актуальной проблеме, выполненном на высоком научно-практическом уровне, соответствует требованиям предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Рекомендую завершить и представить к защите по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

**Председатель к.ф.-м.н., доцент Жапаров М.Т.**

Диссертационная работа Абдрасаковой А.Б. выполнена на достаточно высоком уровне и представляет собой завершённую научно - исследовательскую работу, выполненную на актуальную тему, обладающую научной новизной и практической значимостью. Диссертационная работа содержит результаты математических моделей по влиянию параметров на изменение климата отдельных областей Кыргызстана.

В работе представлено достаточное количество статистических данных по источникам климата. Большая часть этих данных достаточно хорошо согласуется с полученными результатами. Кроме того, диссертация содержит анализ и прогноз по теме исследования. Замечания по работе малочисленны.

Из недостатков работы можно выделить следующее:

1. Провести анализ по теме исследования с публикациями других авторов.
2. Довести техническое оформление до необходимого уровня, имеется недоработки стилистического характера.

Сделанное замечание носят характер пожеланий и не снижает значимости работы и ее вклада в решение актуальной и сложной научной проблемы.

Вместе с тем, считаю, что диссертационное исследование Абдрасаковой А.Б. является законченным научным трудом, соответствует всем требованиям НАК ПКР и может быть рекомендовано к защите.

В целом представленная работа заслуживает положительной оценки. Поступило предложение рекомендовать диссертационную работу Абдрасаковой А.Б. к защите по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

После обсуждения принято:

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

По предварительной апробации диссертационной работы Абдрасаковой А.Б. на тему “Математическое моделирование регионального климата для отдельных областей Кыргызстана” на соискание ученой степени кандидата физико - математических наук по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

**Актуальность работы.** Современные изменения климата оказывают значительное влияние на различные регионы мира, включая Кыргызстан, который отличается сложным горным рельефом и разнообразием микроклиматических зон. Исследование климатических изменений в данном регионе имеет важное значение для прогнозирования возможных природных катастроф (засух, наводнений, изменения водных ресурсов, деградации ледников), а также для адаптации сельского хозяйства, гидроэнергетики и других стратегически важных отраслей экономики.

В условиях глобального потепления особую значимость приобретает разработка точных и надежных математических моделей, позволяющих анализировать и прогнозировать

климатические процессы на региональном уровне. Такие модели необходимы для:

- Оценки динамики температуры, осадков, влажности и других метеорологических параметров в отдельных районах Кыргызстана.
- Разработки сценариев изменения климата и их последствий для экономики, экологии и социального развития.
- Поддержки принятия решений в сфере водных ресурсов, сельского хозяйства, градостроительства и энергоснабжения.

Кроме того, учитывая ограниченное количество метеостанций в горных районах Кыргызстана, математическое моделирование становится важным инструментом для восполнения пробелов в данных и повышения точности прогнозов. Исследование региональных климатических характеристик, оценка будущих изменений климата и их последствий имеют существенное значение при планировании социально-экономического развития регионов Кыргызской Республики. Наблюдаемые региональные климатические изменения имеют тенденцию к повышению среднегодовой температуры воздуха, при этом наибольший рост отмечается с середины 1970-х гг.

Таким образом, исследование по данной теме является актуальным как с научной точки зрения, поскольку способствует развитию методов регионального климатического моделирования, так и с практической, так как результаты могут использоваться государственными и международными организациями для разработки стратегий адаптации к изменению климата в Кыргызстане.

**Цель диссертационной работы** - разработка и применение математических моделей для анализа и прогнозирования климатических параметров (средней температуры воздуха, уровня CO<sub>2</sub> и осадков) в отдельных регионах Кыргызстана на основе современных методов машинного обучения и численного моделирования.

**Для достижения цели исследования были поставлены следующие задачи:**

1. Провести сравнительный анализ и прогнозирование среднемесячной температуры воздуха в отдельных регионах Кыргызстана на основе временных рядов с использованием методов машинного обучения;
2. Осуществить анализ динамики и прогнозирование выбросов углекислого газа (CO<sub>2</sub>) в атмосферу с учетом климатических и антропогенных факторов;
3. Разработать математические модели для описания процессов переноса загрязняющих веществ в атмосфере, включая уравнение Навье-Стокса для моделирования движения выбросов и уравнение переноса примесей с учетом наличия препятствий;
4. Выполнить численный расчет фильтрации потоков жидкости в пористую среду с учетом разрыва пористости для оценки гидродинамических процессов, влияющих на климатическую систему региона;
5. Провести анализ и прогнозирование среднемесячных сумм осадков за последние 100 лет по данным метеорологических наблюдений, используя модели временных рядов и методы машинного обучения;
6. Выполнить численное моделирование процессов диффузии загрязняющих веществ в атмосфере от точечного источника с использованием программного комплекса ANSYS CFX, учитывая влияние турбулентных процессов и аэродинамических факторов;
7. Осуществить расчет траекторий распространения загрязняющих веществ в атмосфере с учетом турбулентных эффектов и наличия препятствий, используя методы вычислительной гидродинамики в программном комплексе ANSYS Fluent.

**Научная новизна** работы состоит в разработке математической модели прогнозирования среднемесячной температуры воздуха, позволяющей оценивать изменения температуры с точностью до 1,6°C, основанной на нейросетевой архитектуре LSTM и проанализированной на данных за 100-летний период (1921–2021 гг.);

- выполнен прогноз динамики выбросов углекислого газа (CO<sub>2</sub>) и общих трендов

парниковых газов (ПГ) за 1990–2022 гг., проведена аппроксимация выбросов ПГ до 2050 г.;

- получена математическая модель турбулентного потока дыма при наличии препятствий на пути его распространения от точечного источника, разработанная с использованием программного комплекса ANSYS Fluent;

- впервые применено уравнение Навье-Стокса для моделирования турбулентного потока дыма с учетом влияния препятствий на траекторию его распространения от точечного источника выбросов;

- разработана модель диффузионного рассеивания дымовых выбросов в атмосферу с использованием программного комплекса ANSYS CFX, учитывающая динамические характеристики потока;

- впервые применено уравнение потока энергии для моделирования диффузионного рассеивания дымовых выбросов в атмосфере от точечного источника;

- получены количественные зависимости скорости и дальности распространения дымовых потоков от направления и скорости ветра, что позволяет более точно учитывать атмосферные условия при прогнозировании загрязнения воздуха;

- выполнены численные расчеты фильтрации распространения потока жидкости в пористую среду с учетом разрыва пористости, что позволяет учитывать гидродинамические процессы в неоднородных пластах, влияющие на климатическую систему;

- проведен анализ среднемесячных осадков за 1921–2021 гг., разработана модель прогнозирования среднемесячных сумм осадков до 2040 г. с учетом региональных климатических особенностей Кыргызстана.

**Апробация работы.** Основные результаты данной работы рассмотрены: на Международной научно – практической конференции “20-летие ИНИТ КГУСТА им.Н.Исанова ” Бишкек, 19-21 октября 2021 г. , на Международной конференции “Интеграция науки и образования в современном мире» Нурсултан (Астана), Казахстан. 15 октября 2021 г., на Международной конференции «30-летие КГУСТА им.Н.Исанова” Бишкек, 28-30 мая 2022 г., на Международной научно-практической конференции «Роль науки и инновационных технологий в устойчивом развитии горных территорий и экосистем», КГТУ им. И. Раззакова (Кыргызстан, Бишкек, 27-28 октября 2022г.), на Международной научной конференции “Современная техника и технологии в научных исследованиях”, Научной станции Российской академии наук в г.Бишкек (НС РАН) 26 апреля 2023г., на Международной научно – практической конференции “Современные тренды в строительстве: проблемы и пути решения” 80-летие выдающегося государственного и политического деятеля КР Н.Исанова ” Бишкек, 2 ноября 2023 г., на Международной научно-практической конференции «Цифровая трансформация общества и искусственный интеллект» Кыргызско-Германского института прикладной информатики , 23 ноября 2023 г.

*Публикации по теме диссертации.* По материалам исследования автором опубликованы 7 научных работ общим объемом 4,3 п.л.в периодических научных и научно - технических изданиях, рекомендованных НАК ПКР, 3 авторские свидетельства.

Прошу проголосовать

**Голосование:** «За» – 24, «Против» - нет, «Воздержавшиеся» - нет.

Принято единогласно. Спасибо.

#### **РЕШЕНИЕ:**

1.Диссертационная работа Абдракаковой А.Б. на тему “Математическое моделирование регионального климата для отдельных областей Кыргызстана” выполнена на актуальную тему, имеет научную и практическую значимость. Представленная работа

является законченным самостоятельным научным исследованием, отвечающим требованиям, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а соискатель достоин ученой степени кандидата физико - математических наук по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

2. Принять положительное заключение по диссертационной работе Абдрасаковой Айзады Байышбековны на тему “Математическое моделирование регионального климата для отдельных областей Кыргызстана” представленной на соискание ученой степени кандидата физико - математических наук по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

3. Замечания, сделанные рецензентами, не снижают ценность данной работы. После исправления указанных замечаний, диссертационную работу можно представить к рассмотрению в диссертационном совете Д 05.23.686 при Институте машиноведения, автоматике и геомеханики Национальной академии наук Кыргызской Республики и Кыргызско – Российского Славянского университета им.Б.Ельцина, на соискание ученой степени кандидата физико - математических наук по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

4. Утвердить дополнительную программу специальной дисциплины для сдачи кандидатского экзамена Абдрасаковой Айзады Байышбековны на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук на тему: “Математическое моделирование регионального климата для отдельных областей Кыргызстана” представленной на соискание ученой степени кандидата физико - математических наук по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Решение принято единогласно.

**Председатель заседания,**  
к.ф.м.н.



**Жапаров М.Т.**

**Секретарь**  
препод. каф. «ИСЭ»



**Батырбекова Б.М.**

