

Кыргызский государственный технический университет  
им. И. Раззакова

Кыргызско-Российский Славянский университет  
им. Б. Ельцина

Диссертационный совет Д 05.24.706

На правах рукописи  
УДК 624.145.8(575.2)

**Токтогулова Айчурек Шеркуловна**

**РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ И УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ  
ОТ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ И ЗАТОРОВ ЛЬДА  
НА РЕКАХ КЫРГЫЗСТАНА**

05.23.07 – Гидротехническое строительство

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

**Бишкек - 2025**

Диссертационная работа выполнена в Институте информационных технологий Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова

**Научный  
руководитель:**

Логинов Геннадий Иванович, доктор  
технических наук, доцент,  
доцент кафедры Водных ресурсов и  
инженерных дисциплин КРСУ  
им. Б. Ельцина

**Официальный  
оппоненты:**

доктор технических наук,  
профессор .....

кандидат технических  
наук, доцент  
.....

**Ведущая  
организация:**

.....

Защита состоится « » 2025 г. в часов на заседании диссертационного Совета Д 05.24.706 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора (кандидата) наук при Кыргызском государственном техническом университете им. И. Раззакова по адресу: 720044, Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова, 66, малый актовй зал (МАЗ, аудитория 1/257).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова.

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах с подписью, заверенной гербовой печатью, просим направить по адресу: 720044, г. Бишкек, проспект Ч. Айтматова, 66, диссертационный совет Д 05.24.706.

Идентификационный код онлайн трансляции защиты диссертации

Автореферат разослан « » \_\_\_\_\_ 2025 г.

Ученый секретарь диссертационного  
Совета Д 05.24.706,  
к.т.н., доцент

А.М. Абдылдаева

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы диссертации.** На территории Кыргызстана широко распространены такие природные явления: **заторы на реках и селевые потоки**, которые приводят к одному, всем широко известному и опасному природному явлению – **наводнению**.

В последние годы мы становимся свидетелями другого явления проявляющегося в зимний период после сильных снегопадов на фоне резкого потепления, присущее климату Кыргызстана, и на реках образуются зажоры и заторы льда.

Яркие примеры этого явления имели место зимой 2012-2013 и 2017-2018 годы, и повторились зимой 2022-2023 годы на реке Ала-Арча, с водораспределительным и регулирующим гидротехническим сооружением (ВРиРГТС) на ул. Скрябина, под мостами и ряд участков. Эти физические процессы приводят к шугосодержащим селевым потокам по руслам реки, в случае непредвиденного срыва затора на выше стоящих от городских уровнях гидротехнических сооружений или гидравлических затворов. Такое событие произошло 15 декабря 2023 года по реке Ала-Арча, на участках Октябрьского района в г. Бишкек, где были наводнением затопы при береговые территории русла. При этом, голова шугосодержащего селевого потока, крупными ледяными примесями потеряв потенциальную энергию на множествах ярусных ступеньках с горизонтальной поверхностью дна и на всю ширину река бетонные пороги с перепадами, была остановлена не доходя до моста автомагистраль на ул. Ахунбаева, а водяные потоки мелкими примесями.

По оценкам МЧС КР участок на реке Ала-Арча с ВРС, относится к затороформирующим препятствиям первой группы. Ликвидация последствий повторяющихся явлений и уход за рекой людьми с техникой на дежурстве длительное время, сутками в морозные дни за рекой, в ожиданиях угрозы по реку, очевидно стоит намного дороже, чем затрат на защитные расходы. Поэтому эта тема актуально как научная работа, с поиском способов и устройств защиты от селевых потоков и заторов льда на реках.

Исследованием этих явлений занимались многие ученые зарубежом и отечественные. Из них В.Ф. Перов, Н.Л. Белая, В.П. Берденников, В.А. Бузин, В. А. Рымша, а также кыргызские ученые К.Ч. Кожогулов, Б.И. Бийбосунов, Г.И. Логинов, А.И. Бийбосунов, И.А. Абдурасулов и многие другие.

**Связь темы диссертации с приоритетными научными направлениями, крупными научными программами (проектами), основными научно-исследовательскими работами, проводимыми образовательными и научными учреждениями и с государственными и международными программами.** Тема имеет прямую связь с вопросом об обеспечении национальной безопасности от стихийных бедствий, кризисов и катастроф государства, общества и граждан, в сотрудничестве с между научными институтами и государственными органами по вопросам предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера

при Межведомственной комиссии по Гражданской защите Кыргызской Республики. Тема также имеет связь с международными программами, например, в рамках Программы Первой Евразийской конференции «Инновации в минимизации природных и технологических рисков», состоявшейся 22 - 24 мая 2019 года в г. Баку, Азербайджан, где сделано два научных доклада, опубликованные в сборнике тезисов и в Программе Первой Евразийской конференции «Инновации в минимизации природных и технологических рисков».

**Цель исследования** заключается в разработке способов и устройств защиты от шугасодержащих селевых потоков и заторов льда на реке Ала-Арча.

**Поставленная цель достигнута решением в диссертации следующих задач:**

1. Литературный обзор и анализ теоретических и экспериментальных методов исследований селевых потоков, заторов льда на реках.
2. Разработка методы исследования формирования шуги, «головы и тела затора» на реке Ала-Арча с анализом гидрометеорологических данных
3. Исследование физических процессов образования заторов льда на реках Аламедин и Ала-Арча.
4. Разработка способы и устройства защитные от селевых потоков и заторов льда реках, с проведением патентно-поисковых работ.
5. Разработка модернизация водораспределительного сооружения и дно русло реки Ала-Арча для предотвращения формирования заторов льда на реках.

**Научная новизна работы заключается в следующем:**

1. Предложен новый метод начального управления движением т.н. «языка» селевого потока с помощью ранее уложенных ограничителей отвода от защищаемого объекта по траектории пути следования сформированной мутной субстанции, в 2019 году получен патент за № 2140.
2. Разработана математическая модель физического процесса на предотвращения формирования затора льда на реках и селевого потока поступающих с верхней зоны по руслу реки, удержанием крупных наносов на поверхности зажорного и снежного покрова, лежащие по берегам желоба, уложенные в вырытом канале по середине русла реки.
3. Разработаны устройства, позволяющие решить задачу защиты от формирования заторов льда на реках и шугасодержащих селевых потоков с наносами, поступающие с верхней зоны реки, получением два патента, на изобретения за № 2141 в 2019 и № 2250 в 2021 году.
4. Предложены модернизации водораспределительного сооружения и дна русла от первой ступеньки выше сооружения до водопада, для предотвращения формирования заторов льда на реки Ала-Арча.

**Практическая значимость полученных результатов.**

1. Предложенная диссертационная работа по селевому потоку от обильного ливневого дождя является ценной информацией о составе и

структуре этого природного явления, с применением предложенного материала с устройством на изобретение, предназначенное для управления «языком» селевого потока от обильного ливневого дождя в начале его формирования, управления «ядром», что и достигаются тоже управления бурными грязекаменными селевыми потоками, отводом от объекта защиты. На это получен патент на изобретение «Устройство для защиты от селевых потоков» (ПАТЕНТ за № 2040 в 2019 год).

2. Для предотвращения формирования заторов на реках, предложен способ и устройство для отвода воды из-под льда с обеспечением неподвижности всего объема зазорного накопления на русле реки. На это получен патент на изобретение «Сооружение для предотвращения заторообразований на реке» (ПАТЕНТ за № 2041 в 2019 год).

3. Для ликвидации стихийно поступающих с верней зоны по руслу реки обильного шугосодержащего селевого потока в бассейн до сооружения, разработано усовершенствованием предыдущего патента, за № 2041, 2019 года, другой патент «Гидротехническое сооружение для предотвращения заторообразований на реке», (ПАТЕНТ за № 2250 в 2021 год).

4. Разработан и изготовлен экспериментальный макет, сходный как «Гидротехническое сооружение», проведением натуральных экспериментальных исследований на реке Ала-Арча, с возможностью визуального наблюдения за режимом течения потока воды в реке, и их воздействия на насыпь, уложенные по берегам канавки на дне реки.

5. Разботка проект модернизация гидротехнического водораспределительного сооружения на участке в русле реки Ала-Арча, предотвращающий формирования заторов льда на реках.

#### **Основные положения диссертации, выносимые на защиту:**

1. Математические модели формирования шаровидной шуги на реке, из которых состоит зазоры, составляющие шугосодержащего селевого потока, формированием “головой и тела затора” приводящему закупорку порога сооружения на участке русла реки Ала-Арча.

2. Модернизации русла реки Ала-Арча, с целью предотвращения заторов из шугосодержащего зазора на опасном от заторов участке реки.

#### **Личный вклад соискателя заключается:**

1. Математическое моделирование формирования шаровидной шуги на реке и исследование процесса формирования “головой и тела затора” на участке за ВРС, с разработкой их математической модели.

2. Разработка способа и устройства гидротехнического сооружения, предотвращающего формирования заторов льда на реках, с получением патента на изобретения, за № 2141, КЫРГЫЗПАТЕНТ, 2019 год.

3. Разработка математической модели гидротехнического сооружения, предотвращающего формирования заторы льда на реках, с возможностью отводом ледяных наносов, поступающих сверху русла реки, с получением патента на изобретения, за № 2250, КЫРГЫЗПАТЕНТ, 2021 год.

4. Разработка и изготовление макета «Гидротехническое сооружение» с индикатором, предназначенный для экспериментальных исследованиях

наблюдением за режимом течения потока воды, и направлений воздействия потоков воды на насып грунта, уложенные трамбовкой параллельными между собою по берегам вырытого канала под острым углом, начиная с береговой стенки русла реки Ала-Арча, выкопанного из материала канала по середине дно реки, вложенные туда ж/б желоба.

5. Разработка проект модернизации водораспределительного и регулирующего гидротехнического сооружения на ул. Скрябина и прилегающего участка русла реки, исключая закупорки зажором потока воды на реке Ала-Арча.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы опубликованы и докладывались: 1 работа опубликована в журнале РИНЦ на XVI Международной научно-технической конференции, посвященной памяти академика РАН С.В. Яковлева (г. Москва, 15 марта 2021 г.); 2 работы докладывались в рамках проходившей Первой Евразийской конференции «Инновации в минимизации природных и технологических рисков» с 22 по 24 мая 2019 года, в г. Баку, Азербайджан, 2 доклада опубликованы в «Сборник тезисов», - на английском языке; доклад на Международной научной конференции «Актуальные проблемы и инновации в науке и образовании» посвященной 70 - летию известного ученого-педагога, доктора физико-математических наук, профессора, члена-корреспондента НАН КР Султаналиевой Р.М., (Бишкек, 2023 г.). Известия КГТУ № 1 (69), 2024 г. и № 2 (70), 2024 г.

#### **Полнота отражения результатов диссертации в публикации:**

Результаты исследований и положения, отражающие основное содержание диссертационной работы, опубликованы в 12 печатных работах, в том числе 3 работы в виде ПАТЕНТ КР на изобретения; 2 работы в «Сборник тезисов и Программе» Первой Евразийской конференции «Инновации в минимизации природных и технологических рисков» 22-24 мая 2019, Баку, Азербайджан, на английском языке (в список не включены); 1 работа в журнале РИНЦ XVI Международной научно-технической конференции, посвященной памяти академика РАН С.В. Яковлева, (г. Москва, 15 марта 2021г.); 1 работа в Известиях вузов Кыргызстана №6, 2021 г., 5 работы в ВЕСТНИК Кыргызско-Российского Славянского университета: №12, том 22 – 1 работа; №4, том 23 – 2 работы и №8, том 23 – 2 работы; 2 работа в журнал Известия КГТУ № 1 (69), 2024 г. и № 2 (70), 2024 г.

Работа в завершённом виде доложена и одобрена на расширенном заседании научно-технического семинара кафедр «Высшая математика» и «Прикладная математика и информатика» КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, 2023 г.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключение, списка использованной литературы, изложена на 148 страницах машинописного текста, содержит 2 таблицы, 11 графика, 50 рисунков, и списка использованных источников из 120 наименований, в том числе 11 наименований на иностранном языке и ПРИЛОЖЕНИЕ 6.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**В введении** обоснованы актуальность темы, сформулированы постановки исследуемой цели и задачи исследования, представлена научная новизна и практическая значимость работы.

**Первая глава** посвящена литературному обзору изучению вопросов и методов исследования селевых потоков и заторов льда на реках.

Изучением этих явлений занимались ученые зарубежья и отечественные. М.П. Псарев, Н.Л. Белов, В. А. Бузин, Р. В. Донченко, Проскуряков, В.П. Берденников, А. Н. Чижов, В.Ф. Перов, К.А. Михайлов, Т.Х. Ахмедов, В.К. Дебольск, А.Т. Ильясов, Б.И. Бийбосунов, Г.И. Логинов, А.И. Бийбосунов, К.Ч. Кожоголов, И.А. Абдурасулов и другие.

Литературным обзором установлен, что степень изученности селевых потоков учеными Кыргызстана достаточно высоко, по сравнению заторы льда на реках.

Прежде следует отметить, о том, что часто повторяющиеся заторы льда на реке Ала-Арча были доступны для нас в изучении физические процессы натурным наблюдением и математическим методом моделирования.

В результате натурные и визуальные наблюдения реки Ала-Арча и Аламедина в черте г. Бишкек, установлены, что заторы льда на реке Аламедина не обнаружены, а главные заторы из зазора имеют места на реке Ала-Арча. Причины отсутствия заторов льда на реке Аламедина объясняются, что тут русло реки глубокое, дно узкое и вогнутое. А воды в русле зимой текут под льдом.

В Российских глубоко водных реках вопрос защиты от заторов льда решается только с отводом ледохода и шугохода по верху течения воды. Там, в холодную осень помимо интенсивной теплоотдачи с водной поверхности имеет место небольшая скорость течения, поэтому замерзания происходят без зажоров, в основном за счет поверхностного льда. В относительно теплую осень в России, тогда наоборот складываются благоприятные условия для образования зажоров, так как выпадающие, как правило, обильные осадки и снеготаяния в период оттепелей приводят к увеличению скорости объема течения воды. При небольшой интенсивности теплоотдачи на Российских глубоководных реках на водной поверхности формируется в основном внутриводный лед, вместе с тем период замерзания затягивается, что способствует скоплению у кромки большого объема внутриводного льда, т. е. образованию зазора.

Во всех работах Российских ученых рассмотрены метод защиты обеспечением шугопропускной и ледопропускной способности прямолинейного и однорукавного русла, где они описываются в виде расхода воды и льда соответственно, следующими математическими выражениями:

$$Q_в = v_{cp} \cdot S \quad \text{и} \quad Q_л = k \cdot v_{нов.ср} \cdot B \cdot h_л, \quad (1.1)$$

где  $Q_в$  – водопротокная способность русла;  $Q_л$  – ледопротокная способность русла;  $B$  – ширина русла;  $v_{cp}$  – средняя скорость водяного потока в русле реки;  $v_{нов.ср}$  – средняя по ширине русла поверхностная скорость потока;  $h_л$  – толщина льда;  $k$  – коэффициент, зависящий от формы русла, для прямоугольной  $k = 0,9$ ,

для других  $k = 0,8$ . Далее поясняется, что в указанном простейшем случае беззатонный пропуск некоторого постоянного расхода льда теоретически возможен при условии, что

$$Q_{\text{л}} = \kappa \cdot v_{\text{нов.сп}} \cdot B \cdot h_{\text{л}} = \text{const} \quad (1.2)$$

по всей длине рассматриваемого участка русла.

Проведенный литературный обзор дал одно обстоятельное понимание о том, что все работы Российских ученых рассматривались для глубоко водных рек, где вскрываются покровы льда, прорываются различными методами, неприемлемыми для наших рек, затем следят за движением шуги и ледохода, обладающими потенциальной энергией, переходившему в кинетическую. Тогда, как для реки Ала-Арча в суровые зимы заторы ликвидируются только удалением материала затора с пути потока и освобождением зазорного покрова на проход воды ручьем.

**Во второй главе** представлены **методы и методология** исследования, охарактеризованы объект и предмет исследования.

**Объектом исследования** является шугасодержащий поток воды русле реки Ала-Арча зимой при низкой температуре. Во время формирования в нем зазорных материалов, в виде шаровидной шуги с водой, замерзанием их приводят к зазорной закупорке водораспределительное сооружение и под мостом автомагистрали в г. Бишкек.

**Предметом исследования** математическое моделирование формирования шаровидной шуги, а также процессов образования заторов на водораспределительное сооружение, находящемся русле реки Ала-Арча.

**Методы исследования.** Так как поток воды в русле реки Ала-Арча до морозе (до формирования шуги) можно рассматривать как установившее течение реальной жидкости, то математическая модель течения потока воды от трения в русле реки, где на выделенный объем жидкости действует внешняя сила, препятствующая движению потока, называемая силой сопротивления. Сила сопротивления может равняться силе трения, приходящейся на единицу опираться на закон вязкости Ньютона, для текучих тел называется коэффициентом внутреннего трения или коэффициентом динамической вязкости (в системе СИ – Па с). После формирования шуги как линейно-вязкого, как шугасодержащего селевого потока в русле реки и тут будет основанный опираться на вывод **Уравнения Навье-Стокса** – система дифференциальных уравнений в частных производных, описывающая движение вязкой ньютоновской жидкости в трехмерном системе координат, изучаемые физико-математических наук. Система состоит из трех дифференциальных уравнений в частных производных содержатся четыре неизвестных параметра:  $p; u_x; u_y; u_z$ . Здесь еще не сформировались



внутриводные кристаллы льда, температура воздуха не ниже  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , и задается пространственное поле скоростей, занятое движущейся жидкостью.

Для того, чтобы определить четыре параметра  $p; u_x; u_y; u_z$ , необходимо четвертое уравнение. Четвертым уравнением является дифференциальное уравнение неразрывности потока жидкости, полученное после ряда преобразований, с учетом, что сумма изменений проекций скоростей в направлении соответствующих координатных осей равна нулю, то есть:

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0. \quad (2.1)$$

Это значит, что объем воды, поступающей из верхнего русла реки, равен объему воды, вытекающей через водораспределительное сооружение. Получается уравнение постоянства расхода на любом сечении потока воды в реке, т.е. уравнение неразрывности движения потока воды:

$$v_1 S_1 = v_2 S_2 = v S = Q = \text{const}. \quad (2.2)$$

Здесь видно, что при установившемся движении несжимаемой жидкости произведение средней скорости  $v$  (м/с) на площадь живого сечения  $S$  м<sup>2</sup> потока есть величина постоянная, где в установившемся потоке жидкости средние скорости движения обратно пропорциональны площадям соответствующих живых сечений.

Явления происшедшего 15 декабря 2023 года в верхней зоне русла реки Ала-Арча в г. Бишкек, шугосодержащего селевого потока, являясь наглядным примером опасного природного явления требующая надежной технической защиты от повторений вновь..

Шугасодержащие селевые потоки в русле реки, за водораспределительном сооружении (ВРС) до водопада загорня вода при температуре воздуха не ниже  $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ , являясь, как линейно-вязкая сплошная среда, и в 3 главе была рассмотрены физические процессы образования шаровидные шуги, зажора, формирования заторы из них на участках реки.

В главе 3 приведены результаты экспериментальных и теоретических исследований по формированию шуги, из которых состоят зажоры, и они в движении являясь как шугасодержащие селевые потоки по русле реки. Далее рассмотрены формирования «голова и тела» затора из зажора, приводящимися закупоркам на участке реки Ала-Арча, от ВРС и до водопада. Где скорость селевого потока через ВРС будут отсутствовать, и появится бассейн до ВРС, тогда поступающие сюда шугасодержащий селевой поток поднимаясь вверх и по бокам переливаются через береговые бетоны и вниз через ВРС и приводит к наводнению.

Процесс формирования шаровидной шуги происходит далеко в верхней зоне по русле реки в потоке турбулентном режиме течения воды, при температуре внутриводном потоке  $T_{\text{вода}} = (-0,02 \dots -0,03)\text{ }^{\circ}\text{C} < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

В прежде разработать математической модели процесса формирования шаровидной шуги в русле реки, рассматривая кристаллы льда как материальной точкой М с центром вращения масс в точке С, как на рис. 3.1.

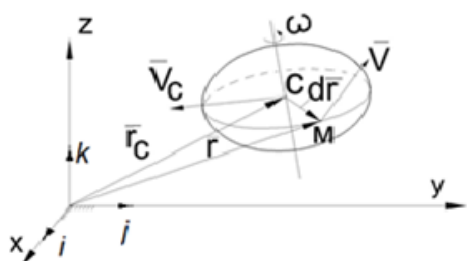


Рисунок 3.1- Материальная точка М с центром вращения масс в точке С.

В поисках методов исследования формирования шаровидной шуги в потоке воды в русле реки Ала-Арча, где режим течения воды был экспериментально установлен и является турбулентным, рассматривается как гидродинамическая задача, где вода является сплошной средой, турбулентным режимом движения. Поэтому сперва рассматривали хорошо изученную математическую модель

течения потока воды в русле реки, основанную на системе дифференциальных уравнений движения жидкости по Эйлера. Чтобы описать турбулентного движения течения воды, нужно задать поле скоростей, т.е. скорость потока в каждой точке пространства и каждый момент времени как функция от пути перемещения  $x_j$ , по времени  $t$ , т. е,  $v_k = f_k(x_j, t)$ , где  $x_j = x_j(t)$ , или же скорость

в векторной форме  $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$ , аналогично, и ускорение тоже в векторной формуле

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}.$$

Задаем пространственное поле скоростей, занятое движущимся турбулентным потоком воды, придаем физический смысл введением угловой скорости  $\omega_{xyz}$  и углового ускорения  $\epsilon_{xyz}$  материальной точки в пространственной системе координат  $x, y$  и  $z$  и с единичными векторами  $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ , направленными по осям декартовой системы координат. Из теоретической механики известно, что вращательная скорость в пространстве выделенного объема с центром вращения в точке С каждой материальной точки (кристалл льда), имея центр масс и ось вращения с угловой скоростью  $\omega$ , лежит в достаточно малой окрестности  $d\vec{r}$  от центра масс, тоской С (см. рисунок 3.1).

Тогда вектор скорости  $\vec{v}$  материальной точки М с центром вращения в точке С равен сумме скоростей линейной  $\vec{v}_c$  и векторной вращательной  $\frac{\partial \vec{v}}{\partial r} \cdot d\vec{r}$ , т.е.

получим, как сумма векторов:  $\vec{r} = \vec{r}_c + d\vec{r}$ , или

$$\vec{v} = \vec{v}_c + \frac{\partial \vec{v}}{\partial r} \cdot d\vec{r}, \tag{3.1}$$

где  $d\vec{r} = \vec{r} - \vec{r}_c$ , согласно рисунок 3.1.

Выражению (3.1) запишем в проекциях на плоскости проекции  $(\vec{j}, \vec{k})$

получим эту выражению:  $v_j = v_{cj} + \frac{\partial v_j}{\partial x_k} \cdot dx_k \dots \dots \dots \tag{3.2}$

Далее, последовательно добавив в (3.2)  $\pm \frac{\partial v_k}{\partial x_j}$  преобразуем

последовательно проделав математического моделирования, с целью получения математической модели вихревого движения материальной точки М с центром вращения в точке С, угловой скоростью в полескоростей:

$$\begin{aligned} v_j &= v_{cj} + \frac{\partial v_j}{\partial x_k} \cdot dx_k = v_{cj} + 2 \cdot \frac{1}{2} \frac{\partial v_j}{\partial x_k} \cdot dx_k = v_{cj} + \left( \frac{1}{2} \frac{\partial v_j}{\partial x_k} + \frac{1}{2} \frac{\partial v_j}{\partial x_k} \right) \cdot dx_k = \\ &= v_{cj} + \frac{1}{2} \left( \left( \frac{\partial v_j}{\partial x_k} - \frac{\partial v_k}{\partial x_j} \right) + \left( \frac{\partial v_j}{\partial x_k} + \frac{\partial v_k}{\partial x_j} \right) \right) \cdot dx_k = v_{cj} + \frac{1}{2} \left( \left( \frac{\partial v_j}{\partial x_k} - \frac{\partial v_k}{\partial x_j} \right) \cdot dx_k + \left( \frac{\partial v_j}{\partial x_k} + \frac{\partial v_k}{\partial x_j} \right) \cdot dx_k \right). \end{aligned} \quad (3.3)$$

Суммарное выражения (3.3) упрощается, если обозначить через  $\omega_{jk}$  и  $\varepsilon_{jk}$ :

$$\omega_{jk} = \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{\partial v_j}{\partial x_k} - \frac{\partial v_k}{\partial x_j} \right); \quad (3.4)$$

$$\varepsilon_{jk} = \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{\partial v_j}{\partial x_k} + \frac{\partial v_k}{\partial x_j} \right); \quad (3.5)$$

$$v_j^\omega = \omega_{jk} \cdot dx_k; \quad (3.6)$$

$$v_j^\varepsilon = \varepsilon_{jk} \cdot dx_k, \quad (3.7)$$

тогда выражение (3.3) примет упрощенный вид:  $v_j = v_{Cj} + v_j^\omega + v_j^\varepsilon$ .

Физический смысл введенных математических обозначений (3.4) и (3.5) величин  $\omega_{jk}$  и  $\varepsilon_{jk}$ : являются тензорами турбулентного движения шуги в внутриводном пространстве с вращательной скоростью  $\omega_{jk}$ . Математическое выражение (3.4) называется тензором вихря.

Из курса теоретической механики известно, что когда единичные векторы  $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$  направлены по осям декартовой системы координат, вихрь вектора скорости (вращательная скорость кристалла льда – шуги, вокруг своего центра масс) определяется выражением

$$\vec{v} = \overline{\omega} x d\vec{r} = \begin{bmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \omega_i & \omega_j & \omega_k \\ dx & dy & dz \end{bmatrix} = \vec{i} \cdot (\omega_y \cdot dz - \omega_z \cdot dy) + \vec{j} \cdot (\omega_z \cdot dx - \omega_x \cdot dz) + \vec{k} \cdot (\omega_x \cdot dy - \omega_y \cdot dx). \quad (3.8)$$

Формулы (3.8) для проекций вектора скорости в декартовой системе координат:  $v_x = \omega_y \cdot dz - \omega_z \cdot dy$ ;  $v_y = \omega_z \cdot dx - \omega_x \cdot dz$ ;  $v_z = \omega_x \cdot dy - \omega_y \cdot dx$ . (3.9)

Определим вектор окружной скорости элементов сплошной среды в турбулентном потоке воды, известной из курса теоретической механики, по главе «Основы кинематики сплошной среды»

$$\vec{\omega} = \frac{1}{2} \cdot \text{окруж.} \vec{v} = \frac{1}{2} (\Delta \cdot \vec{v}) = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ v_x & v_y & v_z \end{bmatrix}, \quad (3.10)$$

и является математической моделью формирования шаровидных льдин – шуги, при температуре внутриводного потока, когда температура

внутриводного течения, по данным исследования В.А. Бузина [17] (составляют на равнинных реках  $(-0,02\dots-0.03)^\circ\text{C}$  и на горных реках еще ниже, и  $(-0,05\dots-0.08)^\circ\text{C}$ ), и записан:  $T_{\text{вода}} = (-0,02\dots-0.03)^\circ\text{C} < 0^\circ\text{C}$ .

Вектора (3.10) называют вихрь вектора угловой скорости, по существу, он совпадает с вектором угловой скорости материальной точки в пространстве потока холодной воды, где из кристаллов льдинок в воде формируются шаровые шуги, при условии внутриводной температуре

$$T_{\text{вода}} = (-0,02\dots-0.03)^\circ\text{C} < 0^\circ\text{C} \quad \dots(3.11)$$

и когда была температура воздуха над рекой Ала-Арча  $T_{\text{воздуха}} = (-8\dots-11)^\circ\text{C}$ .

В системе единичной векторной системе координат вихрь вектора угловой скорости можем записать

$$\vec{\omega} = \left( \frac{\partial v_z}{\partial y} - \frac{\partial v_y}{\partial z} \right) \cdot \vec{i} + \left( \frac{\partial v_x}{\partial z} - \frac{\partial v_z}{\partial x} \right) \cdot \vec{j} + \left( \frac{\partial v_y}{\partial x} - \frac{\partial v_x}{\partial y} \right) \cdot \vec{k}. \quad (3.12)$$

Также можно угловые скорости движения материальной точки – движения шуги в проекциях на оси системы координат определяются

$$\omega_x = \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{\partial v_z}{\partial y} - \frac{\partial v_y}{\partial z} \right); \quad \omega_y = \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{\partial v_x}{\partial z} - \frac{\partial v_z}{\partial x} \right); \quad \omega_z = \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{\partial v_y}{\partial x} - \frac{\partial v_x}{\partial y} \right). \quad (3.13)$$

Все циклы математического моделирования с выводом математической модели формирования “головы” и “тела” шугасодержащего потока на участке в русле реки Ала-Арча за водораспределительным и регулирующим гидротехническим сооружением (ВРиРГТС) или просто (ВРС) и до водопада, где основаны на три условиями физического процесса, имеющие на изменению температура воздуха и наличия или отсутствия снегопада и, величины скорости шугасодержащего селевого потока по исследуемому участку реки, о которых изложены в третьей главе, основной работе в п. 3.3.

Основное условие формирования шаровидного шуга были: турбулентное движения потока воды, описываемые математическими выражениями (3.10-3.13), и при этом, соблюдалось обязательное условие, когда внутриводная температура в русле реки, математически выражаемая (3.11). Такая температура внутри воды может составить, когда температура в воздухе над рекой Ала-Арча будут в пределах уже  $T_{\text{воздуха}} = (-8\dots-11)^\circ\text{C}$ . Такая температура в воздухе была 11-12 января 2023 года и происходило активное формирование шуги.

Проведя математические преобразования с учетом соответствующих условий, составлена математическая модель процесса загорообразования из шуги и воды, формируя шугасодержащего потока в русле реки. При этом подробно описано формирование “голова” затора, которая при соответствующих условиях, увеличивая по объему переходит в “тела” затора. При достижении критического объема заторы закупаивают пороги ВРС.

На основании закона движения потока речной воды, с целью определения зависимости величины потери напора на указанном участке от величины сил трения в воде, с перерасчетом на глубину  $h$  потока воды. Это было достигнуто на основании составленного расчетного график, на рисунке 3.2 - Схема участка на р. Ала-Арча от сооружения до водопада в продольном профиле

потока: (зелёным) равномерное движение воды, до формирования шуги и зажорной воды; и (синий с градиентом + зелёный), после формирования потока зажорной воды, указанного верхним контуром, и далее, фрагмент после затора, где бассейн, с высотой напор бассейна, представляет  $h_{затор}$ , где в виде схемы (см. рисунок 3.2, здесь, с.15) места расположения исследуемого участка (рисунок 3.3.3; в основной работе, с. 106), на котором представлен продольный профиль (зелёный цвет) потока воды; затем наступает второе начальное условие, при температуре воздуха больше  $-11^{\circ}\text{C}$  над рекой, т.е. после появления шуги в русле реки или после появления зажоров в русле реки и аналогично, тому, что здесь движения зажорной воды, с определением величины потери напора их движения на указанном участке (рисунок 3.4.2), с введением поправки к определению потери напора, на преодоление сопротивления движению воды с зажором, до наступления ночного с 12 на 13 января мороза 2023 года с зажорной закупоркой сооружения на русле реки, что представлена на рисунке 3.3.2 (см. в основной работе, с. 103) с потерей напора  $h_{1-2зжор}$ , соответствующему. Затем была составлена математическая модель формирования “головы и тела затора”. Для всего этого был выделен объем потока зажорной воды на том же участке, где рассматривались первое начальное условие, т.е. до период появления шуги, от порога сооружения 1-1 до края водопада 2-2 с поперечным живым сечением  $S$  и длиной участка  $L$ . Выделенный объем воды обладает силой тяжести  $G$ , равной:

$$G = S \cdot L \cdot \gamma, \quad (3.14)$$

где  $\gamma$  – удельный вес воды,  $\gamma = \rho \cdot g$ . Здесь  $\rho$  – плотность речной воды.

На выделенный объем жидкости действуют внешние силы: направленная в стороны движения потока сила давления:  $P_1 = p_1 \cdot S$  и направленная против движения потока сила давления:  $P_2 = p_2 \cdot S$ . Силы  $P_1$  и  $P_2$  называются силами давления на торцовые сечения с площадью  $S$  в рассматриваемом объеме жидкости со стороны соседних отброшенных объёмов. Здесь были использованы положения из теоретической механики, в частности теорема о движении центра масс, так как здесь  $p_1$  и  $p_2$  – средние гидродинамические давления со стороны соответствующих сторон движения потока жидкости на рассматриваемом участке русла реки.

На выделенный объем жидкости действует еще внешняя сила, препятствующая движению потока, называемая силой сопротивления. Сила сопротивления может равняться силе трения, приходящейся на единицу поверхности выделенного объема, и представляет касательное напряжение, обозначаемое через  $\tau$ . Тогда полная сила трения, направленная против течения потока жидкости, определяется по формуле

$$T = \tau \cdot \chi \cdot L, \quad (3.15)$$

где  $\chi$  – смоченный периметр живого сечения в русле реки на рассматриваемом участке реки, при ее длине  $L$ .

Составим сумму проекций всех отмеченных сил на ось  $x-x$ , параллельно оси потока жидкости, получим уравнение:

$$P_1 - P_2 + G \cdot \sin \alpha - T = 0, \text{ или подставляя значение каждой составляющей:}$$

$$p_1 S - p_2 S + S \cdot L \cdot \gamma \cdot \sin \alpha - \tau \cdot \chi \cdot L = 0 \quad (3.16)$$

Зная, что  $\sin \alpha = \frac{z_1 - z_2}{L}$  и  $\frac{\chi}{S} = \frac{1}{R}$ , где  $R$  – гидравлический радиус сечения потока. Разделив уравнение (3.16) на произведению  $\gamma \cdot S$  получим:

$$\frac{p_1}{\gamma} - \frac{p_2}{\gamma} + (z_1 - z_2) - \frac{\tau}{\gamma} \cdot \frac{1}{R} = 0 \text{ или, группируя по сечениям 1-1 и 2-2 потока,}$$

получим равенство: 
$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\tau}{\gamma} \cdot \frac{1}{R} . \quad (3.17)$$

Сопоставив полученное уравнение (3.17) с известным уравнением Бернулли для элементарной струи реальной жидкости и из доступного нам

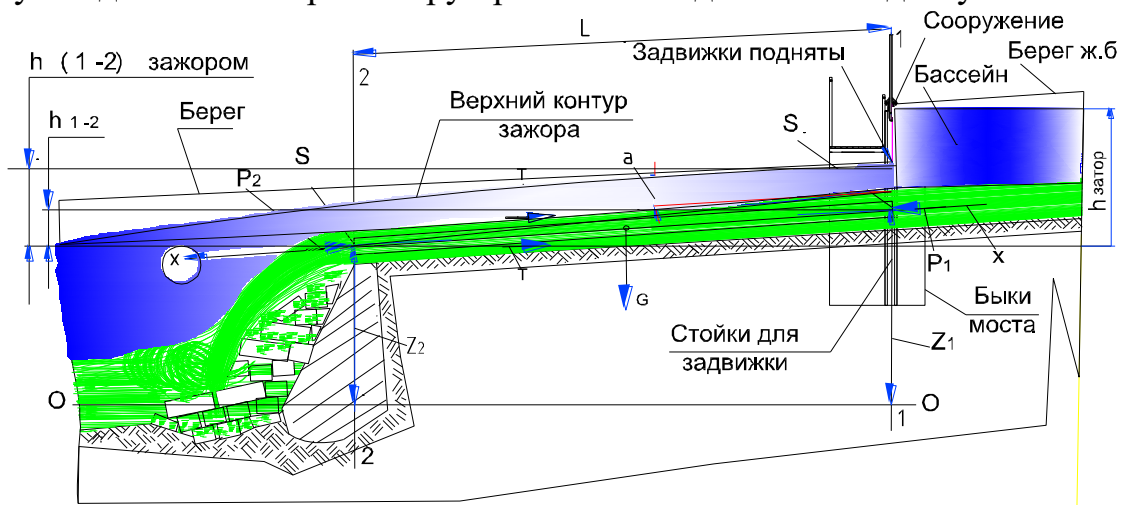


Рисунок 3.2 – Физико-геометрическая ситуация состояний русла реки, как расчетная схема участка, что и на рисунке 3.2.2; 3.3.3 (с. 70;106) и 2.1.1, в ситуации после затора с зазорным закупоркой ВРС, где до сооружение формирован бассейн, третье начальное условие, (температуре воздуха выше  $(-17...-21)^\circ\text{C}$  над рекой)

учебника (Рабинович Е.З. Гидравлика), переписав в виде:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_{1-2}, \quad (3.18)$$

применяем для решения нашей реальной задачи. При равномерном движении потока воды на данном участке  $v_1 = v_2$ , и тогда уравнение (3.18) упростится:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + h_{1-2}. \quad (3.19)$$

Теперь, сравнивая уравнение (3.17) с уравнением (3.19), определим искомую величину потери напора на участке русла реки Ала-Арча от порога его сооружения до водопада, при первое начальное условие, т.е. до появления шуги. Тогда получим зависимость потери напора  $h_{1-2}$  по длине  $L$  от величины силы трения  $T$ , представленную через касательное напряжение  $\tau$  для данной речной воды:

$$h_{1-2} = \frac{\tau}{\gamma} \cdot \frac{L}{R}. \quad (3.20)$$

Аналогично, при второе начальное условие, т.е. наличием шуги, определяется потеря напора на преодоление сопротивления движению

зажорной воды, проявляющегося по всей длине  $L$  потока, обусловленного силами трения частиц зажорной воды друг о друга, и о дно и берега на данном участке, после наступления зимы. И далее, реально на данном участке реки, до 11 января 2023 года, когда наступил зажорный период. Тогда следует прибавить сопротивление, обусловленное препятствием в связи наличия зажорного слоя потока воды. Здесь возникает большая величина сопротивления при наличии холодного воздуха над рекой, приводящего к существенным снижениям в величине скорости течения зажорного потока, и соответствующей им потери напора, который обозначим через  $h_{(1-2)зажор}$ . Соответственно, по аналогии вывода формулы (3.20), введенными индексами:

$$h_{(1-2)зажор} = \frac{\tau_{зажор}}{\gamma_{зажор}} \cdot \frac{L}{R_{зажор}}. \quad (3.21)$$

Полная потеря напора с наличием  $\tau_{зажор}$  в сумме сопротивлений, между сечениями 1-1 и 2-2, как показано на рисунке 3.4, в период потока зажорного движения с наращиванием «головой и тела затора» до закупорки порога сооружения хвостовым концом «тела затора» из зазора будет составлять:

$$h_{(1-2)зажор} = \frac{\tau}{\gamma} \cdot \frac{L}{R} + \frac{\tau_{зажор}}{\gamma_{зажор}} \cdot \frac{L}{R_{зажор}} = \left( \frac{\tau}{\gamma} \cdot \frac{1}{R} + \frac{\tau_{зажор}}{\gamma_{зажор}} \cdot \frac{1}{R_{зажор}} \right) \cdot L. \quad (3.22)$$

Здесь  $\tau_{зажор}$  – касательное напряжение вызывается силой сопротивления между зажорным слоем потока воды, на которое сильно оказывает влияния отрицательной температуры воздуха, и может равняться силу трения между трущимися поверхностями и приходящимися на единицу поверхности выделенного объема между сечениями 1-1 и 2-2 (рисунок 3.4.2). Здесь, полагая  $\tau_{зажор} \succ \tau$ , зная удельный вес зазора  $\gamma_{зажор}$ , т. е.  $\gamma_{зажор} = \rho_{зажор} \cdot g$  и зная, что  $\rho = \rho_{вода} \succ \rho_{лёд} \succ \rho_{зажор}$  определим потери напора с зазором  $h_{(1-2)зажор}$  на данном участке, пока наращиванием «тела затора», его хвостовая часть полностью не закупорит пороги сооружения. Тогда потери напора с зазором составит

$$h_{(1-2)зажор} = \frac{\tau}{\gamma} \cdot \frac{L}{R} + \frac{\tau_{зажор}}{\gamma_{зажор}} \cdot \frac{L}{R_{зажор}} = \left( \frac{\tau}{\rho} \cdot \frac{1}{R} + \frac{\tau_{зажор}}{\rho_{зажор}} \cdot \frac{1}{R_{зажор}} \right) \cdot \frac{L}{g}. \quad (3.23)$$

Уравнения (3.22) и (3.23), с учётом (3.20) записаны для местных сопротивлений и по **принципу наложения (суммирования) потери напора**, пока не наступило событие зимы, как в ночь с 12 на 13 января 2023 года. После наступления события в указаное ночное длительное время приходила зажорная закупорка хвостовым торцом «телой затора на всех 8-ми порогах сооружения на реке Ала-Арча. Здесь, заменив индексы параметров «зажор» на «затор», с учетом отсутствия потока воды через сооружения реально можно записать уравнению потери напора в бассейне:

$$h_{затор} = \left( \frac{\tau_{затор}}{\rho_{затор}} \cdot \frac{1}{R_{затор}} \right) \cdot \frac{L}{g}. \quad (3.24)$$

Уравнение (3.24) полагается есть уравнение затора, закупоркой через «головой и тело затора» сооружение, или соответствует уравнению напора

бассейна, как на рисунке 3.2, высотой  $h_{затор}$ . Здесь,  $h_{1-2} = \frac{\tau}{\rho} \cdot \frac{1}{R} = 0$ , т.е. нет движения поток воды за пределы сооружения, прибытием воды в бассейн зажорная покрова поднимается, перелив через бетонного берега русла.

Уравнение (3.24) полагаем есть уравнение «головы и тело затора» или соответствует уравнению напора бассейна, как на рисунке 3.2, высотой  $h_{затор}$ .

Согласно рисунку 3.3.2 (в основной работе, с.103 и 104) (зелёным цветом), высота  $h_{1-2}$  математическим выражением (3.20), величину потерь напора, при начальное условие – дозажорный период; далее высота  $h_{(1-2)зжор}$  выражением (3.20)+(3.21) после, тогда потери напора указаны согласно рисунку 3.3.2 (в основной работе, с.103 и 104), наложением (синий с градиентом + зеленый). Здесь  $R_{зжор}$  и  $R_{затор}$ , как аргумент от выражения (3.23 и 3.24), измеряемое в м, как гидравлический радиус, выражаемый отношением площадь живого сечения к смоченному периметру в поперечном сечении в русле реки Ала-Арча, уже графиками, как представные в основной работе, с. 92).

Далее, в рамках собственных исследований был разработан и опубликован в научные журналы [4 и 5] методики и устройства гидротехнического сооружения (ГТС) предотвращающего формированию заторов льда, с математическим моделированием физического процесса отвода воды из подо покрова зажорного формирования и льда, и транспортирования наносных материалов, поступающих сверху по русла реки. Ниже представлено конечное уравнение механической энергии потока воды и наносов (в основной работе, 3.5.28; с.117), , на основе уравнения Бернулли и неразрывности потока воды, отводящие под действиями силой тяжести самой воды, шуги и наносов с водой по желобе, уложенные в канал вырытые по середине, и ниже дна русла реки на проход, через гидротехнические сооружения и, или под мостов автомагстралей

$$A = G \cdot \left( z + \frac{p}{\rho \cdot g} + \frac{v^2}{2 \cdot g} \right) + (1 - f \cdot \cos \beta) \cdot g \cdot L \cdot I_{ж} \sum \rho \cdot V_{ч.мело}, \quad (3.25)$$

где, исходные данные изложены в основной части работы, на с. 95-117. Кроме этих работ, (прежде всего) в рамках собственных исследований был разработан и изготовлен макет с опубликованием методика натурного экспериментального исследования воздействия струи потока воды на экспериментальном макете ГТС, материалы которых также изложены в основной части работы, на страницах 65-71.

**В четвертой главе изложены** рекомендация по внедрению гидротехнического сооружения, предотвращающего формирование заторов льда на реке Ала-Арча и разработана проект модернизации водораспределительного сооружения и участок, где после внедрения проекта не будут формироваться в суровые зимние годы заторы льда из зажорного накопления. Определена площадь поперечного сечения насыпи, для распределения объем грунта вынутый из канала по середины русла.



Сущность способы и устройства защиты реки от затора льда заключается, со сохранением целостности образованного льда и снегового покрова на поверхности льда по руслу реки, на участке, где всегда происходит затор льда на реках, в главным образом у моста, на гидросооружение и других местах, путем отвод воды из-под моста и подо льдом по желобам, уложенным в канал с углубленным дном, вырытым ниже уровня дна русла реки на том участке, где формировались раньше заторы льда на реках. Устройства и принципы работы способа и устройства защиты реки от формирования затора на реках изложены в опубликованных работах [2; 5 и 6]. Результаты работа доложены в МЧС КР, получены акт внедрения.

## **ВЫВОДЫ**

Основные результаты диссертационной работы состоят в следующем:

1. Предложен способ, управляющий «языком» селевого потока, за которым следует само «ядро» ливневого селевого потока, минуя объект разрушения, и на это получен ПАТЕНТ на изобретение за № 2140, от 2019 года, «Устройство для защиты от селевых потоков».

2. Построены математические модели физического процесса образования и течения шугосодержащего селевого потока на реке Ала-Арча в зимний период, исследованы процессы формирования из зажорной массы «головы» и «тела» затора от порога водораспределительного сооружения и водопадом на участке реки Ала-Арча, где хвостовым торцом «тела затора» из зазора закупорены пороги водораспределительного сооружения.

3. Разработан и изготовлен экспериментальный макет ГТС и проведены серии натурных экспериментов на русле реки Ала-Арча, для визуального наблюдения воздействия течения струи потока воды реки на насыпи из гравия, уложенные по берегам канала, вырытого под желоба на дне реки.

4. Разработаны способы и устройства гидротехнического сооружения для предотвращения заторообразований на реке, с получением патентов на изобретения за № 2141 и № 2250, с обоснованием основных геометрических параметров живого сечения желоба, разработкой математической модели работы ГТС с отводом и очисткой от заторных наносов, поступающих сверху потоком в бассейн на входе в желоб.

5. Рекомендован проект модернизации водораспределительного сооружения и дна русла реки Ала-Арча, где будут уложены сооружения из ж/б желоба в вырытый канал по середине дна русла реки, начиная от выше расположенной первой ступеньки по реке через сооружения вниз до водопада.

В результате выполненной модернизации гидротехнического сооружения с дном русла реки этот участок будут защищены от формирования заторов льда

## **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**

1. **Токтогулова А.Ш.** Устройство для защиты от селевых потоков [Текст] / Институт геомеханики и освоения недр НАН КР (КГ)

- Т. Жумаев, К.Ч. Кожогулов, А.К. Орозбекова; А.Ш. Токтогулова // *Кыргызпатент ПАТЕНТ №2140. 2019 г.* Бюл.№ 4.
2. **Токтогулова А.Ш.** Сооружение для предотвращения заторообразований на реке [Текст] / Институт геомеханики и освоения недр НАН КР (KG)  
Т. Жумаев, К.Ч. Кожогулов, Г.Дж.Кабаева, А.Ш.Токтогулова, А. К. Орозбекова // *Кыргызпатент ПАТЕНТ №2141. 2019 г.* Бюл.№ 4.
3. **Токтогулова А.Ш.** Гидротехническое сооружение для предотвращения заторообразований на реке [Текст] / Институт геомеханики и освоения недр НАН КР (KG)  
Т. Жумаев, К.Ч. Кожогулов, Г.Дж.Кабаева; А.Ш. Токтогулова // *Кыргызпатент ПАТЕНТ №2250. 2021 г.* Бюл.№ 6/1.
4. **Токтогулова А.Ш.** Гидротехническое сооружение для предотвращения образования ледяных заторов на реках Кыргызстана. [Текст] / А.Ш.Токтогулова, И.А. Абдурасулов, Т.З. Масалбеков. // *XVI Международная научно-техническая конференция, посвященная памяти академика РАН С.В. Яковлева (г.Москва, 15 марта 2021г.). – С.220-233.*
5. **Токтогулова А.Ш.** Методы борьбы с возникновением заторов и зажоров на реках Ала-Арча и Аламедин в черте города Бишкек. [Текст] / А.Ш. Токтогулова // *Известия вузов Кыргызстана. №6 2021г. – С.12-17.*
6. **Токтогулова А.Ш.** Общность формирования селевого потока и заторов льда с зажорами на реках, методы исследования и борьбы с ними [Текст] / А.Ш. Токтогулова // *Вестник КРСУ 2022. Том 22. №12. – С. 131-135.*
7. **Токтогулова А.Ш.** Методика исследования режимов течения потока воды реки на экспериментальном макете гидротехнического сооружения [Текст] / А.Ш.Токтогулова, Т. Жумаев // *Вестник КРСУ.2023.Том 23. №4. – С.131-136.*
8. **Токтогулова А.Ш.** Математическое моделирование физического процесса в гидротехническом сооружении [Текст] / А.Ш. Токтогулова, Г.Дж. Кабаева, Т.Жумаев. // *Вестник КРСУ. 2023. Т. 23 №4. – С. 137-152.*
9. **Токтогулова А.Ш.** Математическое моделирование формирования шаровидной шуги на реке Ала-Арча [Текст] / А.Ш.Токтогулова, Г.Дж. Кабаева, Т. Жумаев. // *Вестник КРСУ.2023.Том 23. № 8. – С.106 -110.*
10. **Токтогулова А.Ш.** Исследование процесса формирования “головой и тела затора” между водосооружением и водопадом на участке русла реки Ала-Арча / А.Ш. Токтогулова, Г.Дж. Кабаева, Т. Жумаев // *Вестник КРСУ. 2023. Т. 23 №8. – С. 111-118.*
11. **Токтогулова А.Ш.** Теоретические основы методов предотвращения заторов льда на реках Ала-Арча и Аламедин в черте города Бишкек. [Текст] / Логинов Г.И., Дуйшоков К.Д., Жумаев Т. // *Известия КГТУ. № 1 (69). – Бишкек, 2024. – С. 284-290.*
12. **Токтогулова А.Ш.** Модернизация гидротехнического сооружения для предотвращения формирования заторов льда на участке русла реки Ала-Арча [Текст] / Логинов Г.И., Дуйшоков К.Д., Жумаев Т. // *Известия КГТУ. № 2 (70). – Бишкек, 2024. – С. 687- 695.*

## ТОКТОГУЛОВА АЙЧҮРЕК ШЕРКУЛОВНАНЫН

**05.23.07 - «Гидротехникалы курулуш»** адистиги боюнча техникалык илимдеринин кандидаты деген илимий даражасын изденип алуу үчүн «Кыргызстандын дарыяларында селден жана муз тыгынларынан коргоонун ыкмаларын жана түзүлүштөрүн иштеп чыгуу» аттуу темадагы диссертациясынын  
**КЫСКАЧА КОРУТУНДУСУ**

**Негизги сөздөр:** Нөшөрлөп жааган жамгыр, селдин “тили”, агындын “өзөгү”, тосмолор, курулуштар, муз тыгыны, борпоң муз, музыкалай, музыкалай камтыган сел, “тыгындын башы жана тулкусу”, казылган канал, жээк, шагыл төшөө, лоток.

**Изилдөөнүн объектиси:** Нөшөрлөп жааган жамгырдан болгон сел агындары жана дарыялардагы муз тыгынды.

**Изилдөөнүн предмети:** Ала-Арча дарыясынын нугунда жайгашкан суу бөлүштүрүүчү түзүлүштө сфералык шламдын пайда болушун, ошондой эле тыгындын пайда болуу процесстерин математикалык моделдөө.

**Изилдөө методдору:** Алгач изилдөө объектилери боюнча илимий-теориялык маалыматтарды изилдөө, зарыл техникаларга, изилдөөлөргө, татаал процесстерди жана техникалык системаларды математикалык моделдештирүү методдоруна таянуу жана колдонуу аркылуу, шлюздун пайда болушунун физикалык-математикалык моделдери, « дарыяларда тыгындын пайда болушуна жол бербөөчү структураларды иштеп чыгуу менен баш жана дене тыгыны» иштелип чыккан.

**Изилдөөнүн максаты:** Методдорду жана приборлорду иштеп чыгуу Ала-Арча дарыясында ылай камтыган селден жана муз тыгынларынан коргоо. Диссертацияда төмөнкү милдеттерди чечүү аркылуу максатка жетишилди:

1. Дарыялардагы сел агымдарын жана муз тыгынды изилдөөнүн теориялык жана эксперименталдык методдорун адабияттарды карап чыгуу жана талдоо.
2. Агымдын тыгынга өтүү чектерин аныктоо максатында музыкалай камтыган селдин агымынын эки фазалуу моделин иштеп чыгуу.
3. Изилденүүчү объекттерде пайда болгон ылайлардын жана “баш” жана “денесинин” пайда болуу процесстеринин физикалык-математикалык ыкмаларын колдонуу менен дарыяларда ылай камтыган селден улам муз тыгындынын пайда болушунун физикалык процесстерин изилдөө. ,
4. Бул көрүнүштөрдөн коргоонун практикалык приборлорун иштеп чыгуу боюнча патенттик издөө иштерин жүргүзүү.

**Иштин илимий жаңылыгы төмөнкүдөй:**

1. Баштапкы кыймылды башкаруунун жаңы ыкмасы деп аталган, 2019-жылы № 2140 патент алынган 2019-жылы корголуучу объекттен мурда төшөлгөн дренаждык чектегичтердин жардамы менен селдин «тили» алынган.

2. Эки фазалуу математикалык модель сунушталды, суюк фазасы суу, катуу фазасы муздун пайда болушу, дарыянын нугундагы музыкай камтыган селдин динамикасын сүрөттөйт. Биринчи жолу дарыянын нугунда музыкайлуу селдин пайда болуу процессине изилдөө жүргүзүлүп, анын сфералык музыкайынын математикалык модели, жээктен чыккан борпоң муз «башы жана тулкусу» түзүлдү. Дарыянын кээ бир участкарунда суук учурунда бош муз сыяктуу борпон муз анда Ала-Арча дарыясынын нугундагы суунун агымын тосуп, дайыма муз тыгындалы пайда болот.

3. Дарыяларда муз тыгындалынын пайда болушуна жана дарыянын нугун бойлой жогорку зонадан келген селдин муздун жана кар катмарынын бетинде, жээктеринде жаткан траншеяларда чоң чөкмөлөрдү кармап калууга жол бербөө үчүн физикалык процесстин математикалык модели иштелип чыккан. дарыянын ортосуна казылган каналга жаткырылган.

4. 2019-жылы № 2141 жана № 2250 ойлоп табууларга эки патент алган дарыяларда муз тыгындалынын пайда болушунан жана дарыянын жогорку зонасынан агып келген агындылар менен музыкай камтыган селден коргоо маселелерин чечүү үчүн приборлор иштелип чыккан. 2021-жылы.

5. Ала-Арча дарыясында муз тыгындалынын пайда болушуна жол бербөө үчүн суу бөлүштүрүүчү түзүлүштү жана дарыя нугунун түбүн конструкциядан жогору турган биринчи тепкичтен шаркыратмага чейин модернизациялоо сунушталууда.

**Колдонуу чөйрөсү:** Илимий көз караштан алганда, музыкай жана муз тыгылыштарынын пайда болушунун математикалык моделдери, акыркысынын материалдары музыкайдын топтолушу жана «тыгындын башы жана денесинин» физикалык процесси, математикалык теңдеме дарыянын бардык тыгындалы пайда болгон участкарунда муз тыгындалы болтурбоо жана канал дарыяларынын үстүнөн келген чөкмөлөрдү жок кылуу үчүн гидротехникалык курулуштун эксплуатациясынын жана суунун агымынын режимдерин көрсөткөн көрсөткүчтөрү бар эксперименталдык моделдин гидромеханикада колдонулушу мүмкүн.

## РЕЗЮМЕ

диссертационная работы Токтогулова Айчурек Шеркуловны на тему: «Разработка способов и устройств защиты от селевых потоков и заторов льда на реках Кыргызстана» на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности **05.23.07 - «Гидротехническое строительство»**

**Ключевые слова:** Проливной дождь, «язык» селевого потока, “ядро” потока, заборы, сооружение, затор льда, зазор, шуга, шугасодержащие селевые потоки, «голова и тела затора», вырытый канал, берег, укладка гравия, лоток.

**Объект исследования:** Является шугасодержащий поток воды русле реки Ала-Арча зимой при низкой температуре. Во время формирования в нем зазорных материалов, в виде шаровидной шуги с водой, замерзанием их приводят к зазорной закупорке водораспределительное сооружение и под мостом автомагистрали в г. Бишкек.

**Предмет исследования:** Математическое моделирование формирования шаровидной шуги, а также процессов образования заторов на водораспределительное сооружение, находящемся в русле реки Ала-Арча.

**Методы исследования:** В начале изучая, научно-теоретических данных по объектам исследования, опираясь и использованием нужных методик, исследований, методов математического моделирования сложных процессов и технических систем, разработаны физико-математических моделей формирования шуги, «голова и тела заторов», с разработкой защитного сооружения предотвращающей формирования заторов на реках.

**Цель исследования** заключается в разработке способов и устройств защиты от шугасодержащих селевых потоков и заторов льда на реке Ала-Арча.

**Поставленная цель достигнута решением в диссертации следующих задач:**

1. Литературный обзор и анализ теоретических и экспериментальных методов исследований селевых потоков, заторов льда на реках.

2. Разработка двухфазной модели течения шугасодержащего селевого потока с целью определения границы перехода потока в затор.

3. Исследование физических процессов образования заторов льда на реках, вследствие шугасодержащих селевых потоков, с применением физико-математических методов процессов формирования шуги и «голова» и «тела» заторов, происходящих в исследуемых объектах,

4. Проведение патентно-поисковых работ для разработки практических устройств по защите от названных явлений.

**Научная новизна работы заключается в следующем:**

1. Предложен новый метод начального управления движением т.н. «языка» селевого потока с помощью ранее уложенных ограничителей отвода от защищаемого объекта по траектории пути следования сформированной мутной субстанции, в 2019 году получен ПАТЕНТ за № 2140.

2. Разработана математическая модель физического процесса на предотвращении формирования затора льда на реках и селевого потока поступающих с верхней зоны по руслу реки, удержанием крупных наносов на поверхности зазорного и снежного покрова, лежащие по берегам желоба, уложенные в вырытом канале по середине русла реки.

3. Разработаны устройства, позволяющие решить задачу защиты от формирования заторов льда на реках и шугасодержащих селевых потоков с наносами, поступающие с верхней зоны реки, получением два патента, на изобретения за № 2141 в 2019 и № 2250 в 2021 году.

4. Предложены модернизации водораспределительного сооружения и дна русла от первой ступеньки выше сооружения до водопада, для предотвращения формирования заторов льда на реки Ала-Арча.

**Область применения:** С научной точки зрения, математические модели формирования шуги и зазора, материалами последнего являются накопления шуги и физического процесса «голова и тела затора», математическое уравнение работы гидротехнического сооружения для предотвращения зазорных заторов на всех затороопасных участках реки и отвода наносов

поступающих сверху русла реки, и экспериментальный макет с индикаторами, отображающими режимы потоков воды могут использоваться в гидромеханике.

## SUMMARY

dissertation work Toktogulova Aichurek Sherkulovna on the topic: "Development of methods and devices for protection against mudflows and ice jams on the rivers of Kyrgyzstan" for the degree of candidate of physical and mathematical sciences, specialty 05.23.07 – "hydraulics building".

**Key words:** Torrential rain, "tongue" of a mudflow, "core" of a flow, fences, structure, ice jam, jam, slush, sludge-containing mudflows, "head and body of a jam," dug channel, bank, laying gravel, tray.

**Object of study:** Sludge-containing water flow in the bed of the Ala-Archa river in winter at low temperatures. During the formation of jammed materials in it, in the form of spherical slush with water, their freezing leads to jammed blockage of the water distribution structure and under the highway bridge in Bishkek. mudflows from heavy rains and ice jams on rivers.

**Subject of research:** Mathematical modeling of the formation of spherical slush, as well as the processes of congestion formation at the water distribution structure located in the bed of the Ala-Archa River.

**Research methods:** At the beginning, by studying scientific and theoretical data on the objects of study, relying on and using the necessary techniques, research, methods of mathematical modeling of complex processes and technical systems, physical and mathematical models of slush formation, "the head and body of congestion", were developed, with the development of structures preventing the formation of congestion on rivers.

**The purpose** of the research is to develop methods and devices protection from sludge-containing mudflows and ice jams on the Ala-Archa River.

The goal was achieved by solving the following tasks in the dissertation:

1. Literature review and analysis of theoretical and experimental methods for studying mudflows and ice jams on rivers.\
2. Development of a two-phase model of the flow of a sludge-containing mudflow in order to determine the boundary of the transition of the flow into a jam.
3. Study of the physical processes of formation of ice jams on rivers due to sludge-containing mudflows, using physical and mathematical methods of the processes of formation of sludge and the "head" and "body" of jams occurring in the objects under study,
4. Carrying out patent search work to develop practical devices for protection against these phenomena.

**The scientific novelty of the work is as follows:**

1. A new method of initial motion control, the so-called. "tongue" of the mudflow with the help of previously laid drainage limiters from the protected object along the trajectory of the formed turbid substance, in 2019 a PATENT was received for No. 2140.
2. A two-phase mathematical model is proposed, the liquid phase is water, the solid phase is ice formation, which describes the dynamics of sludge-containing mudflow

along the river bed. For the first time, a study has been carried out on the process of formation of a sludge-containing mudflow along a river bed, with the development of a mathematical model of its spherical sludge, the “head and body” of a jam from a jam, like loose ice, during frost in certain sections of the river. where ice jams always form, blocking the flow of water in the bed of the Ala-Archa River.

3. A mathematical model of the physical process has been developed to prevent the formation of ice jams on rivers and mudflows coming from the upper zone along the river bed, retaining large sediments on the surface of ice and snow cover, trenches lying along the banks, laid in a dug channel in the middle of the river bed. 4. Devices have been developed to solve the problem of protection against the formation of ice jams on rivers and sludge-containing mudflows with sediment coming from the upper zone of the river, receiving two patents for inventions No. 2141 in 2019 and No. 2250 in 2021.

5. Modernization of the water distribution structure and the bottom of the riverbed from the first step above the structure to the waterfall is proposed to prevent the formation of ice jams on the Ala-Archa River.

**Scope** of application: from a scientific point of view, mathematical models of the formation of slush and ice jams, the materials of the latter are the accumulation of sludge and the physical process of the “head and body of the jam”, the mathematical equation of the operation of a hydraulic structure to prevent ice jams in all jam-prone sections of the river and the removal of sediments arriving from above the channel rivers, and an experimental model with indicators displaying water flow regimes can be used in hydromechanics.