

КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. И. РАЗЗАКОВА

КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им Б.Н. ЕЛЬЦИНА

Диссертационный совет Д 01.22.652

На правах рукописи
УДК 532.546

Токтогулова Айчурек Шеркуловна

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

01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Бишкек - 2023

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

**Научный
руководитель:**

Кабаева Гулнара Джамалбековна, доктор физико-математических наук, профессор, директор Института информационных технологий Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова

**Официальный
оппоненты:**

доктор физико-математических наук, профессор

кандидат физико-математических наук, доцент

.....

**Ведущая
организация:**

.....

Защита состоится « » 2024 г. в часов на заседании диссертационного Совета Д 01. 23. 652 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, ауд.

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 01.22. 652,

Идентификационный код онлайн трансляции защиты диссертации

Автореферат разослан « » _____ 2024 г.

Ученый секретарь диссертационного
Совета Д 01.23.652,
к.ф-м.н., доцент

Кожошов Т.Т.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. На территории Кыргызстана зимой и весной, возникают две опасные природные явления: заторы на реках и селевые потоки, которые приводят к одному, всем широко известному и очень опасному природному явлению – наводнению. В горной республике Кыргызстан наводнения возникают из-за селевых потоков ранней весной или в начале лета, а заторы на реках - в середине зимы. Часто мелкие селевые потоки, появляющиеся неожиданно от краткосрочного обильного дождя, перекрывают автодороги одновременно в нескольких местах.

Второе опасное явление, проявляющееся в суровый зимний период в декабре и январе месяцах: после сильных снегопадов, происходит резкое потепление, 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 сооружением, на ул. Скрыбина. Это сооружение относится к затороформирующим препятствиям первой группы. Здесь голова зажорного затора льда находится далеко за пределами этого сооружения. Устранение последствий обоих повторяющихся явлений, очевидно стоит намного дороже, чем затрат на защитные мероприятия. Поэтому эти темы актуально как научные работы, с поиском способов и устройств защиты от селевых потоков и заторов льда на реках, где их исследования связаны законами физики, в частности, механики жидкостей, газов и плазмы, в плотную – с гидромеханикой и гидродинамикой.

Исследованием этих явлений занимались многие ученые бывшего - СССР и СНГ: из них В.Ф. Перов, Н.Л. Белая, В.П. Берденников, В.А. Бузин, В. А. Рымша, Г.И. Логинов, К.Ч. Кожоголов, И.А. Абдурасулов и многие.

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.

Цель исследования заключается в разработке способов и устройств защиты от селевых потоков и заторов льда на реках Кыргызстана. Для достижения поставленной цели, сформулированы следующие **задачи исследования:**

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

2. Разработать методы поиска моделей защиты от селевых потоков и заторы льда на реках применением физико-математических методов моделирования процессов, происходящих в исследуемых объектах, проведением патентно-поисковых работ, для разработки устройств по защите от названных явлений.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Разработана методика и проведены экспериментальные исследования режимов течения потока воды в реке, с целью визуального наблюдения воздействия на гравийный насып, уложенные по берегам канавки на дне реки, на разработанном и изготовленном экспериментальном макете гидротехническое сооружения (далее ГТС).

2. Разработана математическая модель процесса формирования шуга и «головы и тело затора» на русле рек.

3. Разработана математическая модель физического процесса в гидротехническом сооружении для удаления завала заторных поступлений с верхней зоны в русле реки.

4. Разработана водораспределительного сооружения и dna русла от первой ступеньки до подпада, на предмет обеспечения исключения формирования заторов льда.

5. Разработаны устройства, позволяющие защитить от формирования заторов льда на реках.

Практическая значимость полученных результатов.

1. Предложенный научный материал 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 (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 ледяных накоплений на русле реки. На это получен патент на изобретение (ПАТЕНТ за № 2041 в 2019 год).

3. Для ликвидации стихийно поступающих сверху по русле реки обильные ледяные поступления в бассейн до сооружения, разработано усовершенствованием предыдущего, за № 2041 патента, устройство, позволяющее решить поставленную задачу и за что получено следующее изобретение, на ПАТЕНТ за № 2250 в 2021 году.

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 струи воды в реке, и их воздействия на насып, уложенные по берегам канавки на дне реки.

5. Разработана методическая 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 зазорного накопления.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Математические модели формирования шаровидной шуги на реке и процесс формирования “головы и тела затора” за гидросооружением на участке русла реки Ала-Арча, приводящему закупорку порога сооружения.

2. Математическая модель в виде уравнения механической энергии потока воды и наносов, при транспортировании под действиями их силой тяжести по желобу, уложенные в канал вырытые по середине и ниже дна русла реки на проход, через гидросооружения, мостов автомагисталей и других препятствий, согласно проекта модернизация.

Личный вклад соискателя заключается:

1. Математическое моделирование формирования шаровидной шуги на реке и исследование процесса формирования “головы и тела затора” на гидросооружении 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 индикаторами, предназначенный для экспериментальных исследований с наблюдением за режимом течения струя потока воды, и направлений воздействия потоков воды на гравий, уложенные трамбовкой параллельные по берегам и под острым углом, начиная с береговой стенки русла реки Ала-Арча, выкопанного из материала канала по середине дно реки, вложенные туда ж/б желоба гидросооружения.

5. Разработка проект модернизации водораспределительного сооружения на ул. Скрябина и прилежащего участка русла реки, исключая закупорки зазором 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.).

Полнота отражения результатов диссертации в публикации:

Результаты исследований и положения, отражающие основное содержание диссертационной работы, опубликованы в 11 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; 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.

Работа в завершеном 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 92 наименований.

Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю д.ф-м.н., проф. Г. Дж. Кабаевой за оказание постоянной методической помощи в разработке математического метода моделирования, за и поддержку в написании работ. Благодарен всем коллегам за оказанное содействия и помощь.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В введении обоснованы актуальность темы, сформулированы постановки исследуемой цель 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 и изучались, включая патентно-поисковые работы, разработки способов и устройства защиты от выше названных и повторяющихся природных явлений.

Исследованием явления селевого потока занимались А.Н. Олиферов, М. П. Псарев, Н.Л. Белая, В.Ф. Перов, К.А. Михайлов, Т.Х. Ахмедов, В.К. Дебольский, Г.И. Логинов, и другие. Среди них фундаментально занимался автор учебного пособия “Селеведение” (2012 г.) В.Ф. Перов (1930-2017 гг.). Он, являясь одним из ученых в период существования СССР, в своем труде разместил материалы о селевых потоках, включая по территории

Кыргызстана, давая оценку возникающим природным явлениям, оценивал и отмечал труды ученых Кыргызстана, в лице А. Т. Ильясова.

В качестве математической модели по изученности селевого потока следует принимать следующие числовые данные, такие, как:

1. Значения средней скорости селей, в большинстве случаев лежат в пределах 1-15м/с. Скорость селей, как и водных потоков, определяется двумя главными параметрами – уклоном русла и глубиной потока.

2. Кроме прямого метода измерения скорости водокаменного селя, существует расчетная формула:

$$v = 4,5 \cdot h^{0,67} \cdot i^{0,17}, \quad (1.1)$$

где h – средняя глубина потока, м; i – продольный уклон русла на участке.

3. Для математической модели селевого потока максимальный расход $(Q_c)_{max}$ селя определяется по формуле:

$$(Q_c)_{max} = v_c \cdot w, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (1.2)$$

где v_c - скорость сели, м/с; w - площадь живого сечения, м².

Еще, по литературным обзором установлен, что степень изученности селевых потоков от ливневого дождя достаточно высоко. В научной работе по селевому потоку от обильного ливневого дождя, обнаружены новые материалы об составе и структуре этого природного явления. На основании предложенного нами метода и устройство по защите объектов от селевых потоков обильного ливневого дождя, в описании заявки на изобретение, полученный в 2019 году патента за № 2140 изложен о том, чтобы, для достижения управления «языком» селевого потока необходимо начинать установки защитные сооружения с место и началом его формирования [1]. Тогда управление «ядром», достигается отвод селевого потока от объекта защиты.

Прежде следует отметить, о том, что часто повторяющиеся заторы льда на реке Ала-Арча доступны для научного исследования физически натурными методами.

Изучением этого природного явления - заторов льда на реках главным образом занимались ученые: В.П. Берденников; В. А. Рымша; Р. В. Донченко и Е. В. Щеголев; Б.В. Проскураков; В.А. Бузин; А. Н. Чижов, и многие другие. Работа В.А. Бузина, изданная в 2016 году, под названием “Зажоры и заторы на реках России”, по существу дополняет многочисленные достижения предыдущих лет и содержат ряд новых научных исследований о зажорах из шуги. В этой работе содержатся множество текстовых и математических моделей, которые поясняют формирование шуги, из которой состоят зажоры. Отмечается, что образование шуги в русле реки является причиной серьезных ледовых затруднений. На изучение трудов В.А. Бузина, В.А. Рымша, Р.В. Донченко, и на многих других ученых нами уделены много времени. Натурные визуальные наблюдения реки Ала-Арча и Аламедина в черте г. Бишкек, установлены, что заторы льда на реке Аламедин не обнаружены, а главные заторы из зажора имеются на реке Ала-Арча. Причины отсутствия заторов льда на реке Аламедин: русло реки глубокое, дно узкие и вогнутые.

При граничных условиях процесса образования зажора отражены в работе В.А. Бузина, где представлен график, иллюстрирующий изменение соотношения между скоростью течения воды и температурой воздуха в период замерзания реки. Однако, приведенные на этом графике параметры для реках Кыргызстана по температуре воздуха и скоростью потока не совпадают. В Российских глубоко водных реках вопрос защиты от заторов льда решается с отводом ледохода и шугохода только по верху 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 наоборот складываются благоприятные условия для образования зажоров, так как выпадающие, как правило, обильные осадки и снеготаяния в период оттепелей приводят к увеличению скорости 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 зажора.

В этой работе рассмотрен простейший случай водопрпускной и ледопрпускной способности прямолинейного и однорукавного русла, где они описываются в виде расхода воды и льда соответственно, следующими математическими выражениями:

$$Q_в = v_{cp} \cdot S \quad \text{и} \quad Q_л = \kappa \cdot v_{нов.ср} \cdot B \cdot h_л, \quad (1.3)$$

где $Q_в$ – водопрпускная способность русла; $Q_л$ – ледопрпускная 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; κ – коэффициент, зависящий от формы русла, для прямоугольной $\kappa = 0,9$, для других $\kappa = 0,8$. Далее поясняется, что в указанном простейшем случае беззаторный пропуск некоторого постоянного расхода льда теоретически возможен при условии, что

$$Q_л = \kappa \cdot v_{нов.ср} \cdot B \cdot h_л = const \quad (1.4)$$

по всей длине рассматриваемого участка русла.

Проведенный литературный обзор дал одно обстоятельное понимание о том, что все работы рассматривались для Российских глубоко водных рек, где вскрываются покровы льда, прорываясь 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 материалы затора с пути потока и освобождением пути для прохода потока воды под зажором.

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

Объектом исследования является поток воды в русле реки Ала-Арча зимой при низкой температуре. Во время формирования в нем зажорных материалов, в виде шаровидной шуги, приводят к зажорной закупорке поток воды через водораспределительное сооружение и под мостом автомагистрали в г. Бишкек.

Предметом исследования математического моделирования является явления формирование шаровидной шуги, главным образом из которых состоит зажоры, содержащиеся в «голове затора» за пределами водораспределительного сооружения, с переростом на «тело затора» в русле реки Ала-Арча, и защита путем разработки методов и устройств предотвращающих формированию заторов в русле реки.

Методы исследования. Так как, поток воды в русле реки Ала-Арча является идеальной жидкостью и сплошной средой, то математическая модель течения потока воды в изучаемом русле реки и наличием ступеней с лунками на дне, камней и других неровностей в продольном и поперечном сечении режимы течения потока воды являются турбулентные, и поэтому рассматриваемого как гидродинамическая задача, опирается на систему дифференциальных уравнений движения Эйлера (Leonhard Euler; 1707–1783) в развернутом виде:

$$\begin{aligned} \frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_x}{\partial z} &= X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x}; \\ \frac{\partial v_y}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_y}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_y}{\partial z} &= Y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y}; \\ \frac{\partial v_z}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_z}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_z}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} &= Z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z}. \end{aligned} \quad (2.1)$$

Система состоит из трех дифференциальных уравнений установившегося движения идеальной жидкости, когда скорость и давление в любой точке движущейся жидкости не изменяются во времени, а зависят только от местонахождения точки в пространстве, с четырьмя неизвестными параметрами уравнений движения $p; v_x; v_y; v_z$. Здесь еще не сформировались внутриводные кристаллы льда, температура воздуха не ниже -4°C , и задается пространственное поле скоростей, занятое движущейся жидкостью.

Для того, чтобы определить параметры $p; v_x; v_y; v_z$, необходимо четвертое уравнение. Этим 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:

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0. \quad (2.2)$$

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:

$$v_1 S_1 = v_2 S_2 = v S = Q = \text{const}. \quad (2.3)$$

Здесь видно, что при установившемся движении несжимаемой жидкости произведение средней скорости v (м/с) на площадь живого сечения S м² потока есть величина постоянная. Далее, из уравнения (2.3) следует

$$v_1 : S_1 = v_2 : S_2 = v : S, \quad (2.4)$$

где в установившемся потоке жидкости средние скорости движения обратно пропорциональны площадям соответствующих живых сечений. Зная значения параметров живых сечений и скоростей потока воды, учитывая турбулентность движения потока воды, можно определить расход и мощность потока с помощью метода Эйлера. Переходим к рассмотрению третьей главы.

В главе 3 приведены результаты экспериментальных и теоретических исследований по формированию шуги, из которых состоят зажоры. Зажоры в потоке воды после водопада ниже водораспределительного сооружения формируют “головы” затора, наращиваясь снизу вверх, переходят в “тело” затора, которые, увеличиваясь по толщине, закупаривают пороги сооружения при температуре воздуха -19С. Здесь в процессе формирования шаровидной шуги из которых состоят зажорные материалы, составляющие «головы затора» на участке, за пределом водораспределительного сооружения, начиная со дна водопада до порога сооружения, с переростом на “тело затора”, с целью защиты от заторов льда.

Для составления математической модели зажорообразования исходили из уравнений Навье-Стокса. Проведя математические преобразования с учетом соответствующих условий, составлена математическая модель процесса зажорообразования. При этом подробно описано формирование “головы” затора, которое при соответствующих условиях, увеличиваясь по объему переходит в “тело” затора. При достижении критического объема заторы закупаривают пороги сооружения.

В поисках методов исследования формирования шаровидной шуги в потоке воды в русле реки Ала-Арча, есть наличие ступеней с лунками на дне, крупных камней и других неровностей в продольном и поперечном сечении, движения потока воды, рассматриваемого как гидродинамическая задача, где вода является идеальной жидкостью, сплошной средой, и турбулентным режимом движения. Поэтому выбираем нами хорошо изученную математическую модель течения потока воды в русле реки, основанную на системе дифференциальных уравнений движения Эйлера, и представленные выше, в развернутом виде (2.1).

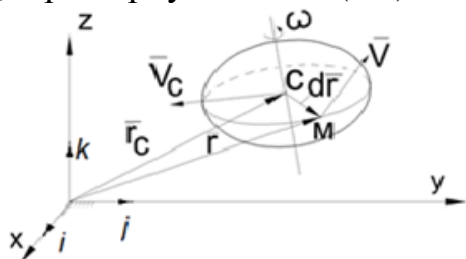


Рисунок 3.1- Материальная точка М с центром вращения масс в точке С.

Чтобы описать турбулентного движения течения воды, по Эйлеру, нужно задать поле скоростей, т.е. скорость потока в каждой точке пространства и каждый момент времени:

$$v_k = f_k(x_j, t), \quad (3.1)$$

где $x_j = x_j(t)$, или скорость в векторной форме $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$, аналогично, запишем

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

Задаем пространственное поле скоростей, занятое движущимся турбулентным потоком воды, придаем физический смысл введением угловой скорости ω_{xyz} и углового ускорения ε_{xyz} материальной точки в пространственной системе координат x, y и z 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 C каждой материальной точки (кристалл льда), имея центр масс и ось вращения с угловой скоростью ω , лежит в достаточно малой окрестности $d\vec{r}$ от центра масс, тоской C (см. рисунок 3.1). Тогда вектор скорости \vec{v} ($\vec{v} \equiv \vec{V}$; $\vec{v}_c \equiv \vec{V}_c$) материальной точки M с центром вращения в точке C 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:

$$\vec{v} = \vec{v}_c + \frac{\partial \vec{v}}{\partial r} \cdot d\vec{r}, \quad (3.2)$$

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

$$\text{В проекциях на плоскости проекции } (\vec{j}, \vec{k}): v_j = v_{cj} + \frac{\partial v_j}{\partial x_k} \cdot dx_k. \quad (3.3)$$

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

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

Суммарное выражения (3.3) упрощается, если обозначить через ω_{jk} и ε_{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 ω_{jk} и ε_{jk} : являются тензорами турбулентного движения шуги в

внутриводном пространстве с вращательной скоростью ω_{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

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

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, по данным исследований Бузина В.А., где приводятся: на равнинных реках ($-0,02... - 0,03^\circ\text{C}$) и на горных реках ($-0,05... - 0,08^\circ\text{C}$), или, может быть записано, при $T_{\text{воды}} < 0^\circ\text{C}$.

Данный 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 формируются шаровые шуги, при условии внутриводной температуре

$$T_{\text{воды}} < 0^\circ\text{C}, \quad (3.11)$$

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

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

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

И так, основное условие формирования материала шуга: турбулентное движения потока воды, описываемые математическими выражениями (3.10-3.13), и при этом, обязательное условие, когда соблюдается внутриводная температура, математически выражаемая (3.11). Такая температура внутри воды может составить, когда температура в воздухе над рекой Ала-Арча будут

в пределах $T_{\text{воздуха}} = (-8 \dots -11)^\circ\text{C}$. Такая температура в воздухе была 11-12 января 2023 года и происходило активное формирование шуги.

Далее, переходим к исследованию явления процесса формирования зажорного затора, в виде закупорка потока воды из зажорной массы, на участке русла реки Ала-Арча, с препятствиями на пути их движения элементами водораспределительного сооружения и пешеходного моста, и формированием в виде «головы и тела затора», с последующей разработкой способов и устройств защиты от заторов льда на реках, о которых обстоятельно изложены во второй и третьей главе основной работы.

Главным затороопасным участком русла реки Ала-Арча являются 8 единицы пороги водораспределительного сооружения, состоящее из 8 одинаковых, поднятых на высоту 1,15 м, активной шириной 1,95 м задвижек и 5-метровой водопад, находящийся на расстоянии до 24 м от сооружения.

Произошло в холодную ночь с 12 на 13 января 2023 года, так же как и в конце января 2018 и еще раньше в 2013 году полная зажорная закупорка потока воды через гидросооружение, из-за перекрытия ширины всего сооружения хвостовым торцом «тела затора», сформированного продолжающим наращиванием «головы затора» из зажорного поступления за сооружением, и из нароста шугой на элементах сооружений. В результате, с повышением уровня воды в образовавшемся бассейне из-за постоянного притока сверху по руслу реки воды с зажорными массами произошёл перелив воды с зажорным материалом, через более чем трехметровые береговые ж/б стенки на отдельных участках по руслу р. Ала-Арча, вдоль ул. Абдыласа Малдыбаева сверху вниз, от моста автомагистрали по ул. Ахунбаева. Каждое такое явление было исследовано нами по руслу реки Ала-Арча и Аламедина.

Постоянные наблюдения проводились с момента начала снегопада, с фиксацией времени событий и сопровождалась фотосъемкой. Заторы на реке Аламедина нами не были обнаружены. Отсутствие затора объясняется натурным исследованием в черте г. Бишкек и установлено, что в действительности, русло реки Аламедина глубокое, дно узкие и вогнутые. Для сопоставления режима изменения погодного параметра записанные в нашем полевом журнале, с фотосъемкой, получены по интернету гидрометеорологические информации о суточных данных за каждый морозный день с 9 по 16 января 2023 года и за этих дни произведены системные исследования во второй и третьей главе данной работы.

Такие же явления затора из зазора наблюдались в морозные дни в конце января 2018 года, под многими мостами автомагистрали в г. Бишкек. «Тело затора» росло ввысь, поднимаясь и затопливая прибрежные территории русла реки, переваливаясь за «голову затора», заполняя русло реки за водопадом вниз, формируя ледяной уклонный скат, куда сползали зажорные массы, заполняя дале объемной зоной водопадного пространства по руслу реки. Вследствие чего из-за притока воды сверху по руслу р. Ала-Арча, уровень воды зажорными содержимым и в бассейне поднялись и местами переливались через ж/б береговые стены русла. Далее произошел потоп

берега, ниже сооружения, с пешеходными дорожками, ведущие к институтам машиноведения и геомеханики и освоения недр НАН КР. В результате 13 января 2023 года под утро, перед сооружением был сформирован бассейн с притоком, без выхода из него даже воды.

Для ликвидации с раннего утра 13 января 2023 года, прибыли мощные экскаваторы. В первую очередь были ликвидированы “тело” и верхняя часть “головы затора” за сооружением. Были задействованы рабочие люди МП “Бишкекводхоз” и МЧС, которые, вскрывая зажорные покровы в бассейне, открывали пути отвода подзажорных вод потоком по руслу реки, пропуская через очищенное русло за сооружением на сброс в водопад.

Математическая модель процесса формирования “головы и тела затора” на участке от порога сооружения, до имеющегося на конце участка водопада по руслу реки Ала-Арча были разработаны со следующим, первым начальным условием: это, при температуре воздуха до -2°C над рекой, т.е. до появления шуги в русле реки. На основании закона движения потока речной воды, с целью определения зависимости величины потери напора на указанном участке от величины сил трения в воде. Это было достигнуто на основании составленный 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 $h_{затоп}$, где в виде схемы (см. рисунок 3.2, здесь, с.15) места расположения исследуемого участка (рисунок 3.4.1; в основной работе, с. 85), на котором представлен продольный профиль (зеленый цвет) потока воды; затем наступает второе начальное условие, при температуре воздуха больше -11°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 3.4.2 (см. в основной работе, с. 88) с потерей напора $h_{1-2зжор}$. 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 γ – удельный вес воды, $\gamma = \rho \cdot g$. Здесь ρ – 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 τ . Тогда полная сила трения, направленная против течения потока жидкости, определяется по формуле

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

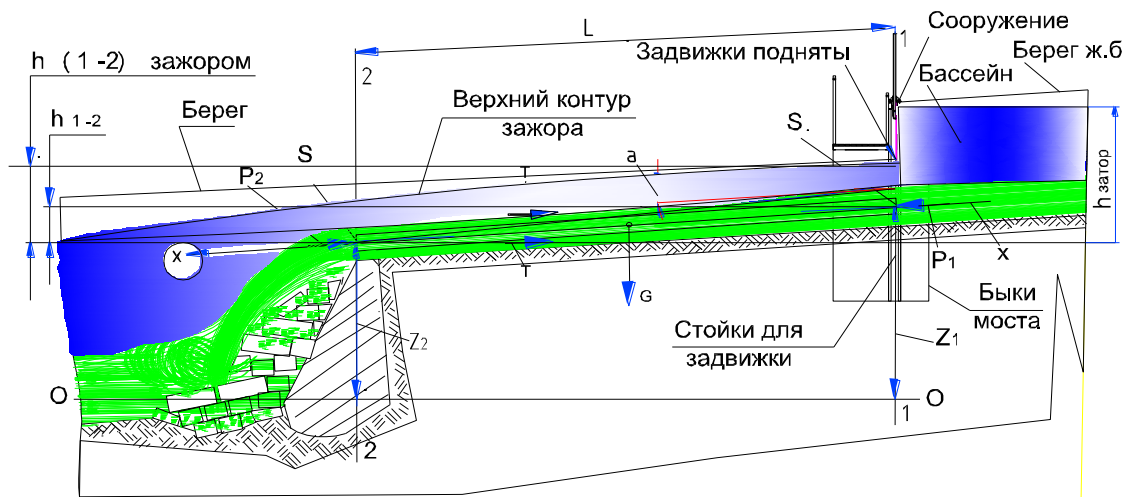


Рисунок 3.2 – Схема участка, что и на рисунке 3.4.2 и 2.1.1, в ситуации после затора с заборным закупоркой сооружения, где до сооружения сформирован бассейн, третье начальное условие, (температура воздуха выше $(-17... - 21)^\circ\text{C}$ над рекой)

где χ – 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:

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

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

Сопоставив полученное уравнение (3.17) с известным уравнением Бернулли для элементарной струи реальной жидкости, и из доступного нам учебника (Рабинович Е.З. Гидравлика. – М., «Гос. изд. ф-м. л», 1961, где формула (3.20), на с.102), переписав и присвоив очередной (3.18) номер:

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

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 первом начальном условии, 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 τ для данной речной воды:

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

Аналогично, при втором начальном условии, 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 $h_{(1-2)зжор}$. Соответственно, по аналогии вывода формулы (3.20), введенными индексами:

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

Полная потеря напора с наличием $\tau_{зжор}$ 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 зажора будет составлять:

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

Здесь $\tau_{зжор}$ – 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

$\tau_{\text{зажор}} \succ \tau$, зная удельный вес зажора $\gamma_{\text{зажор}}$, т. е. $\gamma_{\text{зажор}} = \rho_{\text{зажор}} \cdot g$ и зная, что $\rho = \rho_{\text{вода}} \succ \rho_{\text{лёд}} \succ \rho_{\text{зажор}}$ определим потери напора с зажором $h_{(1-2)\text{зажор}}$ на данном участке, пока наращиванием «тела затора», его хвостовая часть полностью не закупорит пороги сооружения. Тогда потери напора с зажором составит

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

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 в ночь с 12 на 13 января 2023 года. После наступления события в указаное ночное длительное время присходит зажорная закупорка хвостовым торцом «телой затора» на все 8-ми порогах сооружения на реке Ала-Арча. Здесь, заменив индексы параметров «зажор» на «затор», реально можно записать

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

Уравнение (3.24) полагаем есть уравнение затора, закупоркой через «голова и тело затора» сооружение, или соответствует уравнению напора бассейна, как на рисунке 3.2, высотой $h_{\text{затор}}$. Здесь, $h_{1-2} = \frac{\tau}{\rho} \cdot \frac{1}{R} = 0$, т.е. нет движения поток воды за пределы сооружение.

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

Согласно рисунку 3.4.1 (в основной работе, с.85) (зелёным цветом), высота h_{1-2} математическим выражением (3.20), величину потерь напора, при начальное условие – дозажорный период; высота $h_{(1-2)\text{зажор}}$ выражением (3.20)+(3.21) после, тогда потери напора указаны согласно рисунку 3.4.2 (в основной работе, с.88), наложением (синий с градиентом + зеленый). Здесь $R_{\text{зажор}}$ и $R_{\text{затор}}$, как аргумент от выражения (3.23 и 3.24), измеряемое в м, как гидравлический радиус, выражаемый отношением площади 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 автомагистралей

$$A = G \cdot \left(z + \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{v^2}{2 \cdot g} \right) + (1 - f \cdot \cos \delta) \cdot g \cdot L \cdot I_{\text{жс}} \sum \rho \cdot V_{\text{ч.тело}}, \quad (3.25)$$

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 методические рекомендации 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 зазорного накопления.

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].

ВЫВОДЫ

В диссертационной работе рассмотрены две опасные природные явления: селевые потоки, сформированные ливневыми дождями, и заторы льда с зазорами на малых реках на территории Кыргызской Республики.

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

2. Разработан и изготовлен экспериментальный макет ГТС и проведены серии натуральных экспериментов на русле реки Ала-Арча, для визуального наблюдения воздействия течения струи потока воды в потоке реки на насып гравия, уложенные по берегам канала вырытого под желоба на дне реки.

3. Разработана математическая модель физического процесса формирования шаровидной шуги на реке Ала-Арча в период суровой зимы, из которых состоит материалы зазора в реке и исследованы с разработкой математической модели формирования из зазорной массы «голова и тела затора» от пороги водораспределительного сооружения и водопадом на

участке реки Ала-Арча, где, там хвостовым торцом “тела затора” из зазора закупорены пороги водораспределительного сооружения.

4. Разработано сооружение для предотвращения заторообразований на реке, с получением патенты на изобретения за № 2141, от 2019 года.

5. Со обоснованием основных геометрических параметров живого сечения желоба, разработкой математической модели работы ГТС с отводом и очисткой от заторные наносы, поступающие сверху потоком в бассейна на вхова в желобу, на что получен ПАТЕНТ на изобретение за № 2250, от 2021 года, “Гидротехническое сооружение для предотвращения заторообразований на реке».

6. Разработана конструкции модернизированного водораспределительного сооружения и дно русла реки Ала-Арча, где по середине от первой ступеньки до конструкции сооружения и вниз до водопада, будут вырыт канал, куда будут уложены насквоз сооружения ж/б желоба, в результате выполнения работа, будут предоотвращены формирования заторов на данном участке.

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 (КГ)

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 (КГ)

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 зазорами 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 “головы и тела затора” между водосооружением и водопадом на участке русле реки Ала-Арча [Текст] / А.Ш. Токтогулова, Г.Дж. Кабаева, Т. Жумаев // Вестник КРСУ. 2023. Т. 23 №8. – С. 111-118.

ТОКТОГУЛОВА АЙЧҮРЕК ШЕРКУЛОВНАНЫН

01.02.05. «Суюктуктардын, газдардын жана плазмалардын механикасы» адистиги боюнча физика-математика илимдеринин кандидаты деген илимий даражасын изденип алуу үчүн «Кыргызстанда сел агымынан коргонуунун жана дарыялардагы муз тыгындаларын жок кылуунун ыкмаларын жана түзүлүштөрүн иштеп чыгуу» аттуу темадагы диссертациясынын

КЫСКАЧА КОРУТУНДУСУ

Ачкыч сөздөр: нөшөрлөп жааган жамгыр, сел агымынын «тили», агымдын “ядросу”, тосмоолор, муз тыгын, борпоң муз, майда музчалар, «муз тыгындын башы жана тулкусу», казылган канал, жээк, шагылды жаткыруу, лоток.

Изилдөөнүн объектиси: нөшөрлөп жааган жамгырдан болгон сел агындары жана дарыялардагы муз тыгындалары.

Изилдөөнүн предмети: нөшөрлөп жааган жамгырдан болгон сел агындары жана дарыялардагы муз тыгындаларынын пайда болуулары жана алардын математикалык моделдери, жана муз тыгындаларды пайда болтуртбоочу гидротехникалык сооружеинин долборлоо менен анын муз тыгындаларды агызып кетүүчү жумуштун математикалык теңдемесин табуу менен, дарыяларда сууагымдардын режимдерин көргөзүүчү индикатору бар эксперименталдык макетти долборлоп жасап, натуралдуу эксперимент коюу.

Изилдөөнүн максаты: нөшөрлөп жааган жамгырдан болгон селдердин агымдарынан жана дарыяларда муз тыгындаларынан коргонуу.

Изилдөөнүн ыкмалары: алгач, объектер боюнча илим-теориялык маалыматтарды иликтеп изилдеп, гидротехникалык процесстерди жана техникалык системаларды физика-математикалык моделдоо ыкмаларына таянуу менен, кыш мезгилинде дарыялардагы майда музчалардын (шуга), алардан турган «муз тыгындын башы жана тулкусунун» пайда болуусунун физика-математикалык моделдерин жана аларды пайда болтуртбоочу гидротехникалык сооружеинин долборлоо ыкмалары каралган.

Изилдөөнүн илимий жактан жаңычылдыгы: 1. Нөшөрлөгөн жаандан пайда болгон селдин агымын изилдөөдө, эң алгач корголуучу объекке сел агымынын «тили» деп аталган суюк ылай агымы агуучу жолдун багытына тосмоолорду орнотуу менен, агымдын “ядросу” деп аталган селдин негизги

агымын башкаруучу түзүлүш, КЫРГЫЗПАТЕНТ тарабынан ойлоп табуу деп таанылып, 2019 жылы № 2140 ПАТЕНТ берилиши; 2. Кыш мезгилинде Ала-Арча дарыясында борпоң муз массасын түзгөн тоголок майда музчалардын (шуга) пайда болушунун физикалык процессинин математикалык модели иштелип чыкканы; 3. Ала-Арча дарыясындагы сууну тосуп бөлүштүрүүчү сооружеинде муз тыгындардын пайда болушун изилдеп, «муз тыгындын башы жана тулкусунун» физикалык процессинин математикалык модели жазылып, курулуштун босогосунан баштап, шаркыратмада, айрым унаа көпүрөлөрдө пайда болгон борпоң муздан тыгын болтуртбоо ыкмасы изделип, “Дарыяда муз тыгындарды пайда болтуртбоо ыкмасы жана түзүлүшү” деген илимий эмгек, КЫРГЫЗПАТЕНТ тарабынан ойлоп табуу деп таанылып, 2019 жылы № 2141 ПАТЕНТ берилгени; 4. Дарыяларда жогорудан келген муз агындыларын алып кетүүчү, “Дарыяларда тыгынды болтуртбоочу гидротехникалык сооружеинде” деген эмгек КЫРГЫЗПАТЕНТ тарабынан ойлоп табуу деп таанылып, 2021 жылы № 2250 ПАТЕНТ берилгени;

5. Бернуллинин жана суюктуктун үзгүлтүксүз агуусунун теңдемелерине таянуу менен гидротехникалык сооружеинесинде муз тыгындарды агызуучу жумуштун математикалык теңдемеси жазылганы; 6. Дарыянын түбүнө лоток жаткырылган каналдан казылган шагылдарды, каналдын жээктерине тыгыз ныкталып жаткырылгандыктан, ал шагылдарга суулардын агымынын таасирин изилдөө үчүн, долборлоонуп жасалган эксперименталдык макетте Ала-Арча дарыясында кеңири эксперименталдык изилдөөлөр жүргүзүлгөнү.

Колдонуу чөйрөсү: илимий жактан, борпоң музду түзгөн тоголок майда музчалардын пайда болушунун жана «муз тыгындын башы жана тулкусунун» физикалык процессинин математикалык моделдери, дарыяларда муз тыгындарды болтуртбоочу жана агындыларды алып кетүүчү гидротехникалык сооружеинесинин жумуш аткаруусун тастыктаган математикалык теңдемеси жана суюктуктардын агымдарынын режимдерин, көргөзүүчү индикаторлору бар эксперименталдык макет гидромеханикада колдонууну табат.

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 физико-математических наук по специальности 01.02.05. «Механика жидкости, газа и плазмы»

Ключевые слова: проливной дождь, «язык» селевого потока, “ядро” потока, заборы, сооружеинде, затор льда, зазор, шуга, «голова и тела затора», вырытый канал, берег, укладка гравия, лоток.

Объект исследования: селевые потоки от ливневых дождей и заторы льда на реках.

Предмет исследования: «языки» и «ядро» селевого потока от ливневых дождей и формирования шуги и зазорные образования из накопления шуги и формирования «головы и тела затора» и их математические модели, а также

разработка гидротехнического сооружения, препятствующего формированию заторов льда с разработкой ее математической модели, в виде уравнения работы гидросооружения отводом воды из-под-льда и по транспортированию примесей, проведения экспериментальных исследований, с разработкой и изготовлением экспериментального макета с индикатором визуального наблюдений за режимом течения воды, с целью воздействий струя потока на насыпу продукты на дне реки.

Цель исследования: Защита от селевых потоков проливных дождей и заторов льда на реках.

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 сооружений предотвращающей формирования заторов на реках.

Научная новизна исследования: 1. При исследовании селевого потока от обильного ливневого дождя предложен метод достижения самого начального управления движением «языка» селевого потока, путем установки ограждения на пути направления к объекту защиты, тогда будут управлены основной поток, называемого «ядром» потока, и этот труд КЫРГЫЗПАТЕНТ признал изобретением и выдал в 2019 году № 2140 ПАТЕНТ на тему «Устройство для защиты от селевых потоков»; 2. Разработана математическая

модель формирования шуги шарообразной формы, из которой состоят зажорные массы в реке при минусовой температуре воздуха в зимой. 3. Исследуя формирования заторов льда за водораспределяющем сооружении, мостов автомагистралей на реке Ала-Арча, разработана математическая модель физического процесса образования «голова и тело затора», научный труд поиск способ предотвращения заторы из рыхлого льда, образовавшегося в водопаде, начиная с порога сооружения по водопаду и под мостом автомагистралей, «Сооружение для предотвращения заторообразования на реке» признан КЫРГЫЗПАТЕНТОМ изобретением и выдан ПАТЕНТ № 2141 в 2019 году; 4. Работа «Гидротехническое сооружение для предотвращения заторообразования на реке», удаляющая транспортированием ледяные потоки сверху на реках, признана КЫРГЫЗПАТЕНТОМ изобретением и выдана ПАТЕНТ № 2250 в 2021 году; 5. На основе уравнения Бернулли и неразрывности потока жидкости выведено уравнение работы ГТС на транспортирования ледяные наносов; 6. На реке Ала-Арча проведены обширные экспериментальные исследования с целью изучения влияния стока воды на гравий, выкопанного из канала, на дно которого уложен лоток, плотно упакованный по берега канала и , в экспериментальной схеме, разработанной.

Область применения: с научной точки зрения, математические модели формирования шуги и зажора, материалами последнего являются накопления шуги и физического процесса «голова и тела затора», математическое уравнение работы гидротехнического сооружения для предотвращения

зажорных 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 01.02.05. "Mechanics of liquids, gases and plasmas".

Key words: torrential rain, "tongue" of mudflow, "core" of the stream, fences, structure, ice blockage, blockage, sludge, "head and body of blockage", dug channel, shore, gravel laying, flume.

Object of study: mudflows from heavy rains and ice jams on rivers.

Subject of study: mudflows from heavy rains and the formation of ice jams on rivers and their mathematical models, as well as the design of a hydraulic structure that prevents the formation of ice jams and finding a mathematical equation for transporting impurities, creating an experimental layout with an indicator showing water flow regimes for setting up a natural experiment on rivers.

The purpose of the study: Protection from mudflows, heavy rains and ice jams on rivers.

Research methods: at the beginning, 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 the formation of sludge, "head and body of congestion", with the development of structures preventing the formation of congestion on the rivers. The purpose of the study: Protection from mudflows, heavy rains and ice jams on the rivers.

Scientific novelty of the research: 1. When studying a mudflow from heavy rainfall, a method was proposed to achieve the very initial control of the movement of the "tongue" of the mudflow, by installing a fence on the path towards the direction to the object of protection, then the main stream, called the "core" of the stream, will be controlled, and this work was recognized by KYRGYZPATENT invention and issued a PATENT in 2019 on the topic "Devices for protection against mudflows"; 2. A mathematical model has been developed for the formation of a spherical sludge, which consists of sludge masses in the river at sub-zero air temperatures in winter; 3. Investigating the formation of ice jams behind the water distribution structure, highway bridges on the Ala-Archa River, a mathematical model of the physical process of formation of the "head and body of the jam" has been developed, scientific work by searching for a way to prevent jams from loose ice formed in the waterfall, starting from the threshold of the structure along waterfall and under the bridge of highways, "Method of preventing the formation of ice jams on the river and the construction of the structure" was recognized by KYRGYZPATENT as an invention and issued PATENT No. 2141 in 2019; 4. The work "Hydraulic engineering structure to prevent congestion on the rivers", which removes ice flows from above on the rivers by transportation, is recognized

by KYRGYZPATENT as an invention and issued PATENT No. 2250 in 2021; 5. On the basis of the Bernoulli equation and the continuity of the fluid flow, the equation for the operation of the hydrotechnical system for transporting ice drifts was derived; 6. Extensive experimental studies have been carried out on the Ala-Archa River in order to study the effect of water runoff on gravel excavated from a canal, on the bottom of which a tray is laid, densely packed along the canal banks and, in an experimental scheme, developed.

Scope: from a scientific point of view, mathematical models of the formation of sludge that form a blockage, and the physical process of the “head and body of the blockage”, the mathematical equation for the operation of a hydraulic structure to prevent ice blockages and remove sediment from above the riverbed, and an experimental layout with indicators displaying fluid flow regimes are used in hydromechanics.