

**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**

Специальность: 05.23.07 – Гидротехническое строительство

**Диссертация на соискание учёной степени кандидата
технических наук**

**Научный руководитель:
доктор технических наук,
доцент Логинов Г. И.**

Бишкек – 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	10
1.1. Обзор гидродинамических характеристик рек Аламедин и Ала-Арча в г. Бишкек	10
1.2. О формировании селевых потоков и заторов льда на реке Ала-Арча.....	20
1.3. Обзор об защиты от образования заторов льда на реках.....	33
1.4. Выводы по главе	50
Глава 2. МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	53
2.1. Объект исследования формирования заторов льда на реках	53
2.2. Физико-механические свойства зажорных закупорок на реках	58
2.3. Методы исследования формирования шуга, «головы» и «тела» затора на реке Ала-Арча с анализом гидрометеорологических данных	52
2.4. Методика исследования методом математического моделирования процессов формирования заторов льда на реках	74
2.5. Выводы по главе	81
Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	82
3.1. Экспериментальное исследование режимов течения речной воды...82	
3.2. Исследование процесса зажорные закупорки на водораспределительном сооружение в русле реки Ала-Арча.....	89
3.3. Математическое моделирование формирования шаровидной шуги, составляющие основного материала зажора на русло реки Ала-Арча	91
3.4. Математические моделирования формирования “головы” и “тела” затора на участке русле реки Ала-Арча.....	97
3.4.1. Математические расчеты по заторных масс на участке.....	107
3.5. Решение задачи отвода воды затороформирующими примесями по гидротехническому сооружению (ГТС) для предотвращения формирований заторов льда на реках	109

3.6. Математические расчёты по определению технологических и конструктивных параметров ГТС, предотвращающего формирование зажорных заторов льда на реке Ала-Арча.....	130
3.7. Выводы по главе	134
ГЛАВА 4. МОДЕРНИЗАЦИЯ ПО ВНЕДРЕНИЮ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ, ПРЕДОТВРАЩАЮЩЕГО ФОРМИРОВАНИЯ ЗАТОРОВ ЛЬДА НА РЕКЕ АЛА-АРЧА.....	135
4.1. Обзор о защитных гидротехнических сооружениях от зажоров и заторов льда на реках	135
4.2. Модернизация ВРиРГТС на участке в русле реки Ала-Арча, расположенное на ул. Скрябина	137
4.3. Разработка конструкции модернизированного гидротехнического сооружения, предотвращающего формирования заторов льда ВРиРГТС....	141
4.4. Выводы по главе.....	147
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	148
Список использованных источников	149
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	160
Приложение 1...Акт внедрения результатов диссертационной работы	161
Приложение 2 Акт внедрения	163
Приложение 3...ПАТЕНТ КГ № 2140 (2019 г.).....	164
Приложение 4 ПАТЕНТ КГ № 2141 (2019 г.).....	165
Приложение 5 ПАТЕНТ КГ № 2250 (2021 г.).....	166
Приложение 6 1.5. Исследование формирования заторов льда на реке Ала-Арча методом визуализацией.....	167

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы диссертации. На территории Кыргызстана зимой и весной возникают два опасных природных 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 и, или в начале лета, и заторов 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, 2017-2018 годы, и повторились зимой 2022-2023, но значительно слабее. Например, в декабре 2018 года в г. Бишкек на реке Ала-Арча, вследствие ледохода и шугахода образовались заторы и начался перелив. Создалась реальная угроза подтопления жилых домов прилегающих территорий, объектов инфраструктуры, некоторые улицы и дома в г. Бишкек были частично подтоплены. При этом службы МЧС столицы быстро среагировали, и угроза была ликвидирована. Причем, заторы образовались в наиболее труднодоступных для очистки ото льда местах: мостах и гидротехническом водораспределительных сооружениях, где невозможно было применить для работы специальную технику. На этих опасных участках аварийные работы велись вручную.

Заторы бывают не только на реках Ала-Арча и Аламедин, но и на других реках на территории КР. Но так как они протекают вдали от населенных пунктов или в горных ущельях, то не несут действенной угрозы жителям нашей республики. Или русла рек, проходящие через населенные пункты и города, имеют высокие берега и высотные дорожные мосты, на которых заторы не так страшны. Это и реки Ак-Бура (г.Ош), Нарын (г.Нарын).

На выбор темы научной работы повлияли неоднократно увиденные в природе и в средствах массовой информации опасные природные явления и нанесенный ими большой ущерб. Поэтому появилась необходимость поиска способов и устройств защиты от селевых потоков и заторов на реках. Кроме этого, предполагаются общности этих двух природных явлений: причинами их появления являются Солнце и Вода, и общность исследования их методами моделирования - общий ключ для познания законов их развития и способов защиты от них. Их исследования опираются на изучение процессов их возникновения, становления и развития, основанных на изучении их физико-механических, морфологических характеристик и свойств. Однако, способы защиты от них во многом отличаются друг от друга. Например, защита от селевых потоков связана с изменением направления движения его основных разрушительных масс, а защита от затора основана на пропускании ледового потока через заторо-формирующие препятствия – мосты, гидросооружения и другие элементы в русле реки.

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, в рамках Программы Первой Евразийской конференции «Инновации в минимизации природных и технологических рисков», состоявшейся 22 - 24 мая 2019 года в г. Баку, Азербайджан.

байджан, где сделано два научных доклада, опубликованные в сборнике тезисов и в Программе Первой Евразийской конференции «Инновации в минимизации природных и технологических рисков».

Цель и задачи исследования. Цель исследования заключается в разработке способов и устройства 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. Установить общность и различия в исследованиях процессов формирования от обильного дождя селевых потоков и заторов льда на реках;
3. Разработать методы поиска моделей защиты от селевых потоков и заторов 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. Предложен новый метод начального управления движением «языка» селевого потока с помощью ранее уложенных ограничителей отвода от защищаемого объекта по траектории пути следования сформированной мутной субстанции, так названной «языком» селевого потока.
2. Разработана математическая модель процесса формирования шуга и «головы и тело затора» на руслах реки.
3. Разработаны устройства, позволяющие защитить от формирования заторов льда на реках.
4. Разработана математическая модель на физический процесс в гидротехническом сооружении для удаления завалы заторных поступления с верхней зоны в русло реки.
5. Разработана методика и приведены экспериментальные исследования режимов течения потока струи воды в реке, с целью визуального наблюдения

воздействия на гравийный насып, уложенные по берегам канавки на дне реки, на разработанном и изготовленном экспериментальном макете ГТС.

6. Разработана модернизация водораспределительного сооружения и dna русла от первой ступеньки до подопада, на предмет обеспечения исключения формирования заторов льда на русле реки Ала-Арча на всегда.

Практическая значимость полученных результатов.

1. Предложенный научный материал по селевому потоку от обильного ливневого дождя являются ценные информации об составе и структуре этого природного явления, с применением предложенного материала с устройством по полученным патентом (№ 2140, КЫРГЫЗПАТЕНТ, 2019 год) на изобретение, предназначенное для управления «языком» селевого потока от обильного ливневого дождя в начале его формирования, управления «ядром», что и достигаются управления бурными грязекаменными селевыми потоками, отводом от объекта защиты.

2. Для предотвращения формирования заторов на реках, предложен способ и устройство для отвода воды из-под льда с обеспечением неподвижность всего объема ледяных накоплений на русло реки. На это получен патент на изобретение (ПАТЕНТ за № 2041 в 2019 год).

3. Для ликвидации стихийно поступающих сверху по русло реки обильных ледяных поступлений на сооружения, разработано устройство, позволяющее решить поставленную задачу и на что получено следующее изобретение, на ПАТЕНТ за № 2250 в 2021 году.

4. Разработан, изготовлен экспериментальный макет «Гидротехническое сооружение» поведением экспериментальные исследования 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. Модернизации водораспределительного сооружения и участку, где не будут формироваться в суровые зимние годы заторы льда из зажоров.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Математические модели формирования шаровидной шуги на реке и

процесса 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 действием силы их тяжести по желобу, уложенном в канале, вырытом по середине и ниже дна русла реки на проход, через гидросооружения и (или) под мостами.

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 формирование заторов льда на реках, с получением патента на изобретение № 2141 КЫРГЫЗПАТЕНТ, 2019 год.

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

4. Разработка, изготовления экспериментального макета «**Гидротехническое сооружение**» с **индикаторами** наблюдения за режимом движения потока воды и проведения экспериментальных исследований на реке Ала-Арча, на предмет воздействия потока воды на насыпи из гравия.

5. Разработка и модернизация водораспределительного сооружения и на участках реки, исключая закупорки зажором потока воды.

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, здесь тезисы 2 докладов опубликованы в Сборник тезисов и Программе, на английском языке; на Международной научной конференции «Актуальные проблемы и инновации в науке и образовании» посвящённой 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 12 печатных работах, в том числе 3 работы в виде ПАТЕНТ КР на изобретения; 2 работы в Сборнике 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, посвящённой 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: 1 работа в №12 том 22; в том 23: в № 4 – 2 и в № 8– 2 работы.

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 143 страницах машинописного текста, содержит 3 таблицы, 14 графика, 45 рисунков, и списка использованных источников из 94 наименований.

Автор благодарен всем коллегам за оказанное содействие и помощь.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Литературный обзор о селевых потоках и заторов льда на реках охвачены с раннего периода расцветания могущественного и единого многонационального государства СССР.

Изучением селевых потоков занимался ученые ближнего зарубежья и отечественные. Из числа Российского ученого, В.Ф. Перов и изложил в качестве учебного пособия «СЕЛЕВЕДЕНИЕ», а также другие авторы, в их числе: М.П. Псарев, Н.Л. Белов К.А. Михайлови другие. Из числа отечественных имеют труды А.Т. Ильясов, К.Ч. Кожогулов, Г.И. Логинов, А.И. Бийбосунов и другие ученые.

Изучением природного явления - заторов льда на реках главным образом занимались специалисты МЧС КР [2, 12] по Кыргызстан и ученые России: В.П. Берденников [13-16]; В. А. Бузин [17]; Р. В. Донченко [18-19]; В. А. Рымша [20; 21]; В. А. Рымша, Р. В. Донченко [20; 21]; Б.В. Проскуряков, В.П. Берденников [22-24]; А. Н. Чижов [25-28], и многие другие. Их трудах посвящены далее, после посвящения обзора о гидродинамические характеристики рек Аламедин и Ала-арча в г. Бишкек.

1.1. Обзор гидродинамических характеристик рек Аламедин и Ала-Арча в г. Бишкек

Реки Ала-Арча и Аламедин, которые пересекают город Бишкек с юга на север, а образовавшиеся на них заторы приводят к поднятию уровня ледяных корок и зажорные массы с водой, затапливая прибрежные пешеходные дороги, создавая угрозы горожанам при передвижении по улицам города.

Эти реки имеют ледниково-снеговое питание. Ледниковый сток составляет 57-60%, водность рек зависит от объёма таяния ледников, максимальные расходы наблюдаются в июле-августе в период наиболее высоких температур. На величину расхода рек значительное влияние может оказывать выпадение осадков, особенно ливневого характера [2, 12].

Бассейны рек Аламедин, Ала-Арча характеризуются хорошо развитым оледенением, в верховьях их долин находятся мощные морено-ледниковые комплексы с большим количеством рыхлых отложений и наличием высокогорных озёр, что создаёт потенциальную опасность формирования селей и паводков при прорывах озёр [2, 12].

В бассейне реки Аламедин находятся 6 высокогорных прорывоопасных озёр Чон-Курчак, Бешташ, Алтын-Тер, Ачык-Таш, Салык и селевой очаг Кутургансу на леднике Кутургансу, отнесённых к третьей категории опасности. Более опасным является бассейн реки Ала-Арча, где находится 16 высокогорных прорывоопасных озёр, из которых к наиболее опасным отнесен селевой очаг Ак-Сай – первая категория, озера второй категории - Адыгене приледниковое (объемом 100 тыс.м³), группа озёр Адыгене и озеро Кашка-Суу; другие озёра менее опасны – это группа озёр Тез-Төр, озёра Топ-Карагай, Чон-Көл, Орто-Көл, Эски-Көл, Бийик-Көл, Жаны-Көл, Кумдуу-Көл, Тайыз-Көл, которые отнесены к третьей и четвертой категории опасности [2, 12]. Водопропускная способность русел этих рек зависит от уклона, ширины и высоты бортов, она значительно снижается, если на пути водотоков имеются искусственные препятствия в виде мостов, водораспределительных сооружений, искусственных конструкций.

Со временем на отдельных участках русел накапливаются наносы, в виде мусора и мелкообломочного материала, что также понижает их водопропускную способность. В результате русло на участках с пониженной водопропускной способностью не может вместить весь речной поток (рисунок 1.1.1 и 1.1.2), особенно при паводках, и вода выходит за пределы русла, затапливая прибрежные участки. Количество таких участков зависит от причин формирования паводков [2, 12].

Причинами понижения пропускной способности могут быть водораспределительные шлюзы, которые уменьшают ширину русла, уменьшение сечения русла под мостами из-за наносов, уменьшение глубины

русла из-за наносов и скопления мусора, малая пропускная способность водосброса под каналом БЧК.

Ниже представленные рисунки дают наглядные обзорные информация об гидродинамических характеристик в русле река Ала-Арча в черте г. Бишкек, тогда на русле реки Аламедин подобные картин не были обнаружены



Рисунок 1.1.1 - Подпор летом
Рисунок 1.1.2 - Затоп зимой
Водораспределительное сооружение на реке Ала-Арча (ул. Малдыбаева)

Река Ала-Арча имеет снежно-ледовое питание. Её многолетний среднегодовой расход составляет $4,17\text{ м}^3/\text{с}$ (1970-2015гг.). Максимальный среднегодовой расход $5,09\text{ м}^3/\text{с}$. В зимний период её среднемесячные расходы уменьшаются до $1,31\text{-}1,65\text{ м}^3/\text{с}$ (по данным гидрометеорологической станции Байтик). При таких расходах и продолжительных (более 7 дней) периодах отрицательной температуры воздуха (минус $10\text{ -}15^\circ\text{C}$) на реке образуются так называемые «водноледяные селевые потоки», угрожающие затоплением её прибрежных участков на территории города Бишкек [2, 12].

Основной причиной их формирования является образование на реке Ала-Арча мощных наледей (толщиной $0,7\text{-}1,5\text{ м}$), состоящих из тонких прослоев воды и льда. В результате русло и, в значительной мере, пойма реки заполняются водоледяными образованиями, объем которых, может достигать $40\text{-}50\text{ тыс. м}^3$ (рисунок 1.1.3).

Формирование наледи на реке начинается с образования ледяных перемычек между берегами (рисунок 1.1.4). Этот процесс активизируют

камни или другие предметы, выступающие над поверхностью потока. По мере нарастания толщины и ширины ледяных перемычек водопропускная



Рисунок 1.1.3 - Водно-ледяные образования в русле реки Ала-Арча, ниже железнодорожного моста



Рисунок 1.1.4 - Формирование наледи на реке начинается с образования ледяных перемычек между берегами

способность русла уменьшается. Особенно быстро это происходит, если по потоку идёт шуга [2, 12].

Шуга – это скопление комков внутриводного льда диаметром до нескольких сантиметров, которые образуются в переохлаждённой воде речного потока (рисунок 1.1.5). Шуга может образоваться также при всплывании донного льда в периоды оттепелей, когда температура воздуха после нескольких морозных дней поднимается выше нуля [2, 12].

На участках ледяных перемычек с малой водопропускной способностью, движение шуги замедляется и даже останавливается, комки внутриводного льда слипаются и смерзаются, способствуя тем самым разрастанию ледяных перемычек и превращению их в сплошной ледяной покров в русле реки. При этом водопропускная способность русла сильно уменьшается. В результате, поток почти останавливается, уровень воды поднимается выше гребня плотинной перемычки, вода выходит на поверхность льда и разливается по этой поверхности [2, 12].

Путь, проходимый водой по поверхности льда до замерзания ее фронтальной части, зависит от толщины слоя воды и ее температуры, а также

теплообмена между водой, льдом и атмосферой. Движение этого слоя воды сопровождается замерзанием льда на ледяной поверхности, по которой течет вода, и образованием тонкого ледяного покрова на поверхности воды.



Рисунок 1.1.5 - Скопление шуги в русле реки Ала-Арча перед шлюзами водораспределителя по ул. Скрыбина и Малдыбаева

Остановка движения слоя воды, в результате замерзания его фронтальной зоны, приводит к дальнейшему увеличению уровня воды в реке и выходу ее на вновь образованный ледяной покров и т.д. При этом образуется «слоеный пирог», состоящий из тонких прослоев воды и льда. В результате русло и, в значительной мере, пойма реки заполняются водоледяными образованиями, которые крайне неустойчивы к воздействию внешних и внутренних сил. Если прочность одного из водоледяных образований окажется меньше разрушающих сил, происходит его разрушение. Образующийся при этом относительно небольшой водоледяной вал накатывается на нижерасположенное водоледяное образование и разрушает его и т.д., при этом размеры вала лавинообразно увеличиваются [2, 12].

Ступенеобразная форма русла реки Ала-Арча (рисунок 1.1.6), крайне благоприятна для увеличения расхода водоледяных селей. Фронтальная часть селевого потока надвигается на практически горизонтальную поверхность очередной ступени и взламывает водоледяные образования на гребне ее порога (рисунок 1.1.7) [2, 12].

Для того чтобы определить особенности условий формирования «водноледовых селевых потоков» в долине реки Ала-Арча было проведено сравнение долин рек Ала-Арча и Аламедин, в пределах города Бишкек. В русле реки Аламедин почти не бывает «водноледовых селевых потоков». Поэтому результаты этого сравнения позволили определить факторы, способствующие формированию таких потоков по реке Ала-Арча.



Рисунок 1.1.6 - Ступенеобразная форма русла реки Ала-Арча крайне благоприятна для «водоледяных селей» увеличения расхода



Рисунок 1.1.7 - Водно-ледовый поток взламывает водноледяные образования на гребне очередного порога

1. Уклон продольного профиля долины реки Ала-Арча ниже улицы Ахунбаева не превышает 0,02. На этом же участке уклон русла реки Аламедин составляет 0,025-0,03 т.е. русло реки Ала-Арча, искусственно выложено, вследствие устройства порогов для уменьшения скорости паводков. Следствием этого факта является то, что скорость потока реки Ала-Арча составляет 0,1-1,0 м/с, а скорость реки Аламедин 0,8-1,5м/с.

2. Расход реки Аламедин в зимние месяцы составляет 1,57-2,12 м³/с (по данным гидрометеостанции Чонкурчак), а реки Ала-Арча 1.31-1.65 м³/с (по данным метеостанции Байтик) [2, 12].

3. На реке Ала-Арча порогов для уменьшения скорости паводков устроено значительно больше, чем на реке Аламедин. Пороги гасят скорость потока, способствуют формированию ледовых заторов и перемычек,

накоплению за этими перемычками воды (рисунок 1.1.8), которая участвует затем в образовании «водноледниковых селевых потоков» [2, 12].

Ледовые заторы образуются перед ледовыми перемычками, которые формируются на тех участках русла, водопропускная способность которых ограничена по двум причинам:

1) наличие препятствий в русле (автомосты и железнодорожный мост, различные бетонные конструкции в русле, шлюзы водораспределителей, водопроводные и газопроводные трубы);

2) уменьшение уклона русла (перед порогами ступеней, на поворотах русла), что обуславливает уменьшение скорости потока и более активное его обледенение.



Рисунок 1.1.8 - Пороги гасят скорость потока и способствуют накоплению воды

На основе анализа этих двух причин вдоль русла реки Ала-Арча на территории города Бишкек были выделены 11 опасных участков образования ледовых заторов. По характеру причин образования эти участки разделяются на три группы.

1. В первую группу вошли участки заторов, образование которых обусловлено гидросооружениями в русле, например, представленный на рисунках 1.1.1 – подпор летом, и 1.1.2 – затор зимой, где шлюзовой водораспределитель на пересечении с улицей Скрябина, также водосброс под БЧК, как на рисунке 1.1.9. На выше указанных участках в суровые зимы всегда происходят заторы от наплыва раздробленных на ступеньках в русле

реки покрова льда и зажорные корки, которые с потеплением атмосферы были подняты водой из-под льда на плаву по участкам, где дно русла реки Ала-Арча почти плоское [2, 12].

2. Причиной образования возможных участков затопления второй группы является выполаживание русла, которое обуславливает уменьшение скорости потока. Дополнительным препятствием на пути движения потока на этих участках являются опоры автомостов: на пересечении с улицей Саманчина (рисунок 1.1.10); на пересечении с улицей Московской (рисунок 1.1.2); на пересечении с улицей Токтогула (рисунок 1.1.11) на пересечении с улицей Рыскулова; в 0.1 км выше пересечения с улицей Жибек-Жолу (рисунок 1.1.12).



Рисунок 1.1.9 -Участок затопления выше водосброса под каналом БЧК

В третьей группе участков основной причиной затопления, также как во второй группе, является выполаживание русла. Но выполаживание дополняют препятствия в виде заносов русла мусором и аллювиальным материалом. Благодаря заносам русло еще больше выполаживается, а высота его бортов уменьшается.



Рисунок 1.1.10 - Участок затопления на пересечении с улицей Саманчина

Такие условия складываются в 0,15 км выше пересечения с улицей Ахунбаева (рисунок 1.1.13), на пересечении с улицей Малдыбаева, в 0,1 - 0,3 км выше железнодорожного моста (рисунок 1.1.14), 0,81км выше пересечения с каналом БЧК (рисунок 1.1.15) [2, 12].



Рисунок 1.1.11 - Участок затопления выше автомоста по улице Рыскулова

На основе наблюдений, проведенных по ледовым перемычкам и водно-ледовым селевым потокам реки Ала-Арча на территории города Бишкек, можно заключить, что ледовые перемычки образуются после формирования на реке Ала-Арча мощных (1-1,5м) наледей, появление которых обуслав-

ливают холодные периоды, продолжительностью 7-10 и более дней, с температурой воздуха 10-15 °С ниже нуля.



Рисунок 1.1.12 - Участок затопления в 0.1 км выше пересечения с улицей Жибек-Жолу

При этом большая часть стока реки Ала-Арча идет на формирование водноледяных образований в виде ледяного покрова вдоль русла реки, как представлены на рисунках 1.1.13-1.1.15 [2, 12].



Рисунок 1.1.13 - Участок затопления в 0.15 км выше пересечения с улицей Ахунбаева

Так если при входе на территорию города Бишкек (у села Заречного) 12.12.2014 г. расход реки Ала-Арча составлял 2,6 м³/с, то у водосброса под БЧК он уменьшился до 0.3 м³/с, т.е. в 8,7 меньше. Следовательно, более 89% речного стока уходит на формирование водноледяных образований [2].



Рисунок 1.1.14 - Участок затопления
в 0,1- 0,3км выше
железнодорожного моста



Рисунок 1.1.15 - Участок
затопления в 0,8 км выше
пересечения с каналом БЧК

Разрушение водноледяных образований, формирование шуги, ледовых заторов и водноледниковых селевых потоков происходит в первые дни после начала зимней оттепели, особенно активно водноледовые процессы протекают, если оттепель сопровождается дождем. В 2016 году произошло формирование водноледниковых селевых потоков во второй и третьей декадах января» [2, Глава 10].

По выше изложенного в пункте 1.1 обзор о зимнем состояниях рек Аламедин и Ала-Арча из источников [2, 12], представленные как физические процессы на указанных реках, следует отметить глубокую степень изученности по существу, с натуральными представлениями о происходящих в зимнем сезоне года на реке Ала-Арча и Аламедин, протекающей по территории г. Бишкек, в рамках данной научной работы. В этих описаниях, изложенный термин «водноледяных образований», есть «рыхлый лёд», иначе как «зажор», состоящие из накопленной шуги.

1.2. О формировании селевых потоков и заторов льда на реке Ала-Арча

Литература, посвящённая исследованиям селевых потоков, включая природу селей, методы их изучения, география селевых явлений, состояние прогнозирования с последствиями и мер защиты от них, были опубликованы, главным образом, учёными географических наук, и этих работ достаточно много. Из числа известных литератур, фундаментальной является работа [3],

в качестве учебного пособия “СЕЛЕВЕДЕНИЕ”, автор В.Ф. Перов (1930-2017 гг.). Автор, сначала сделав обзор более 350 печатных работ, из которых более 20 единиц на иностранных языках, в 2012 году опубликовал эту работу. В. Ф. Перов, являясь одним из ведущих учёных в период существования СССР, в своём труде разместил материалы о селевых потоках и разместив материалы по территории Кыргызстана, и давая оценку возникающим природным явлениям, отмечал и труды ученых Кыргызстана, в лице А. Т. Ильясова (1969). Самая ранняя работа о движении селея, причиной которому катастрофы в г. Ордубаде, написана М. П. Псаревым [4] (1885 г.); следующая диссертационная работа Н.Л. Белого [5] «Моделирование внутригодового распределения дождевых селей в горных регионах мира» (2005 г.). Но среди литературы, посвящённой учению о селевых потоках, работа [3] остаётся главной. По учебнику В.Ф. Перова обучаются студенты университетов стран ближнего и дальнего зарубежья, и студенты МГУ им. М.В. Ломоносова. Материалы о селевых потоках в данном учебнике и в других источниках информации послужили моделью при изучении с целью познания и использовались в данном научном исследовании. В учебнике [3] дано определение: «Селями или селевыми потоками называют стремительные русловые потоки, состоящие из смеси воды и обломков горных пород, внезапно возникающие в бассейнах небольших горных рек» [3, с.5]. Далее в учебнике отмечено, что «Главной особенностью этих потоков служит высокая насыщенность обломочным материалом, которая составляет от 10 до 75% [3] объёма движущейся массы. Для сравнения: содержание взвешенных частиц в горных реках редко превышает 1–2%. При таких высоких показателях насыщенности объёмный вес или плотность селевой смеси лежит в диапазоне 1100–2500 кг/м³» (с.5). Далее, исследованием явления селевого потока занимались ученые К.А. Михайлов [6], Г.И. Логинов [7], И.Б. Бийбосунов, Орозобекова А.К. [8], К.Ч. Кожогулов [9], А.Т. Ильясов [10] и А.И. Бийбосунов и другие ученые.

Ливень - это сильный дождь выше определённого предела, с учётом его

продолжительности. Подавляющая часть селей образуется вследствие ливней или после продолжительных дождей [3, с.16].

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

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 сели существует расчётная формула:

$$v = 4,5 \cdot h^{0,67} \cdot i^{0,17}, \quad (1.2.1)$$

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:

$$(Q_c)_{max} = v_c \cdot S, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (1.2.2)$$

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

4. Главная особенность селевых потоков - их высокий показатель плотности селевой смеси, лежит в диапазоне 1100–2500 кг/м³ [3]. Высокая плотность селевой смеси служит одной из причин инерционности потока.

В главе 3 «Селевые явления территорий в странах СНГ» работы [3] на 202 странице изложены о селевых явлениях в Кыргызстане: “Киргизия – горная республика, занятая преимущественно хребтами Тянь-Шаня”.

Практически вся территория Кыргызской Республики является селеопасной – всего насчитывается 3103 селевых рек. Наибольшее их количество имеется в бассейнах р. Чу – 479, Талас – 254, Нарын – 789, Кара-Дарья – 666, озеро Иссык-Куль – 375.

Сель - это внезапный мощный водогрязекаменный поток, который несет большое количество наносов, состоящих из частей разрушенных горных пород. Селевые потоки отличает высокая скорость течения и насыщенность твердым материалом, что обеспечивает ему серьезную разрушительную

способность. Из обзора литературы видно [2, 3, 6, 7-12], что на возникновение селевых потоков прежде всего влияют гидрометеорологические условия в горной местности, которые способны создать большие объемы воды в течение короткого временного промежутка.

Из крупных селепроявлений прошлого отмечены события 1878 г. в бассейне оз. Иссык-Куль и 1913 г. в бассейне р. Талас. Систематическое изучение селевых явлений началось в 60-х годах XX в. Сводные данные о селях представлены в монографиях А. Т. Ильясова (1969) [10], а также в “Атласе Киргизской ССР (1987)” [11]. Отмечается далее: “В Киргизии выявлено 3103 селеопасных рек и саев”. Эта цифра приводится и в других источниках [3, 7]. Распространение и режим селей носят зональный характер. Известно, что на территории КР природные явления формируются в результате взаимодействия трёх главных факторов природы: солнечной радиации, атмосферной циркуляции [3] и снежным покрытием горных массивов с укрытыми ущельями, кокту-колотами и немногими равнинами, подстилающей поверхности.

В рамках данного раздела, об обзорах селевых потоках, нам следует здесь изложить вкратце и о собственных исследованиях по данному явлению.

В дождливые дни года нами специально проведены наблюдения за формированием облаков с балкона высотного многоквартирного дома г. Бишкек, с биноклем и без бинокля над заснеженными вершинами дальних южных горных хребтов. Были фиксированы, как при солнце на горизонте явно видно происходящее движение облаков, которые насыщаясь влагой, превращались из белого в тёмные грозовые тучи, которые разражались в обильным ливневым дождям. Даже бывали случаи, когда, сдвинувшись облаками дошли ливневые дожди над городом, где бывали на дворах городских домов и на улицах настоящие наводнения, переливаясь арычные системы по улицам текли селевые потоки. Были видны, как даже небольшие тёмные тучи, обильно изливаясь, могут способствовать образованию селевых

потоков, на маленьком участке перекрывающих автомагистрали и наносящие значительный ущерб.

В результате наблюдений в природе на месте под дождями ливневой, за процессами формирования грязекаменных смесей от ливневых дождей на склоне, с углом уклона до 10° , селевых потоков установлены наличие впереди селевого потока мутной субстанции, высотой не менее 3 см, которая является направляющим элементом его движения. Это мутной субстанции, видом сверху, в форме как языка, нами назван «язык» – голова суспензии, находясь под селевым потоком, наверняка становится также хорошим смазывающим элементом между почвой и нижним слоем селевого потока. За этим мутным и густо-вязким слоем водяной суспензии следуют бурные грязекаменные селевые потоки – его “ядро”. Так начинается процесс формирования и движения селевого потока. В начале процесса формирования селевого потока мутный и густо-вязкий слой водяной суспензии играет большую роль. Особенно хорошо наблюдается наличие впереди селевого потока мутного и густо-вязкого слоя водяной суспензии после выпадения большого количества дождевых осадков в предгорной зоне с уклоном, многолетним травяным покрытием плотной почвы земли.

На основе проведенных нами опытов установлено, что если изменить направление движения мутной вязкой водяной суспензии впереди движущихся селевых масс (языка), то в том же направлении начинает двигаться сам селевой поток. Например, с помощью простой толстой веревки, натянутой по земле под углом к движущейся к палатке селевой массы, удалось отвести главный селевой поток в сторону и избежать разрушения жилья. В результате ряде опытов для защиты объектов от разрушения селевым потоком нами предложен простой способ управления селевым потоком, имеющим в составе впереди главного потока направляющий и смазывающий элемент в виде мутного и густо-вязкого слоя водяной суспензии. Следовательно, защита объектов от разрушения селевым потоком в горной селеопасной местности может быть достигнута путем

управления движением “языка”, начиная с самого начала процесса формирования селевого потока, в начале удастся управлять движением “языка” с помощью подручной доски или натянутого каната, если заранее уложены или натянуты, то управляется и “ядро”. Таким образом, защиту объектов от селевых потоков в горной селеопасной местности можно осуществлять путём управления “языком” – густо-вязким слоем водяной суспензии впереди селевого потока, как масса «языка», начиная с начала процесса формирования движения. Эта масса ведёт за собой «ядро» потока.

На основании проведённых опытов, обзора и анализам селевого потока от краткосрочного обильного ливневого дождя и методов борьбы с ними, предложено техническое решение на «Устройство для защиты от селевых потоков», включающее селезащитные сооружения, позволяющее достигнуть цель, путём управления «языком» - густо-вязким слоем водяной суспензии впереди селевого потока, начиная с самого начала процесса формирования и движения селевого потока, с помощью заранее построенных направляющих стенок, под острым углом по отношению к направлению движущегося селевого потока. В результате проведенных опытов на уклоной местности с потоком густо-вязким слоем водяной суспензии были получены результаты, что оказывается, куда направляется «язык» селевого потока – водяная суспензия, туда и пойдёт «ядро» и «голова» потока. Такой вид движения характерен для селевого потока от краткосрочного ливневого дождя из темной тучи над горными районами, конечно, не большим расходом. Главное заранее достичь управления «языком» селевого потока, путём предварительной установки ограждения на пути направления к объекту защиты, тогда достигается управление основным потоком, и что этот труд КЫРГЫЗПАТЕНТ признал изобретением и выдал ПАТЕНТ в 2019 году, за № 2140, на тему «Устройство для защиты от селевых потоков» [11].

Изучением природного явления – заторов льда на реках главным образом занимались специалисты МЧС КР [12] и ученые России: В.П. Берденников [13-16]; В. А. Бузин [17]; Р. В. Донченко [18-19]; В. А. Рымша [20; 21]; Б.В.

Проскураков, В.П. Берденников [22-24]; А. Н. Чижев [25-28] и многие другие. Особым вниманием изучили источник, под названием: “МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО БОРЬБЕ С ЗАТОРАМИ И ЗАЖОРАМИ ЛЬДА” [29], где собраны солидные научные материалы труда большего коллектива ученых по всего СССР. Книга В. А. Бузина [17], изданная в 2016 году, под названием “ЗАЖОРЫ И ЗАТОРЫ НА РЕКАХ РОССИИ”, где по существу дополняет достижения коллективного труда [29] и содержит ряд новых научных данных о зажорах из шуги. В этой работе содержатся математические модели, которые поясняют формирование шуги, из которой состоят зажоры. Отмечается, что образование шуги в русле реки является причиной серьезных ледовых затруднений. В российских глубоководных реках вопрос защиты от заторов льда решается с отводом ледохода и шугохода только по верху воды через затороопасных участках реки. Там в холодную осень помимо интенсивной теплоотдачи с водной поверхности имеет место небольшая скорость течения, поэтому замерзание происходит без зажоров, в основном за счёт поверхностного льда. В условиях относительно тёплой осени наоборот складываются благоприятные условия для образования зажоров, так как выпадающие, как правило, обильные жидкие осадки и снеготаяние в период оттепелей приводят к увеличению скорости течения воды.

Рассмотрим простейший случай водопропускной и ледопропускной способностях прямолинейного и однорукавного русла, где они описываются в виде расхода воды и льда соответственно, следующими математическими выражениями:

$$Q_v = v_{cp} \cdot S \quad \text{и} \quad Q_l = \kappa \cdot v_{нов.ср} \cdot B \cdot h_l, \quad (1.3.1)$$

где Q_v – водопропускная способность русла; Q_l – ледопропускная 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_l – 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 беззатонный пропуск некоторого постоянного расхода льда теоретически возможен при условии, что

$$Q_{\text{л}} = \kappa \cdot v_{\text{нов.сп}} \cdot B \cdot h_{\text{л}} = \text{const} \quad (1.3.2)$$

по всей длине рассматриваемого участка русла реки.

Отличительной особенностью процесса замерзания шугоносных рек является образование по всей толще воды, по мере ее охлаждения, внутриводного льда – непрозрачной губчатой ледяной массы, состоящей из хаотически сросшихся кристаллов льда. Необходимым условием образования внутриводного льда является переохлаждение воды, т.е. переход температуры воды $\theta_{\text{с}}$ через 0°C ($\theta_{\text{с}} < 0^{\circ}\text{C}$), и наличие в воде ядер кристаллизации в виде кристаллов льда, взвешенных минеральных частиц и т. д. Внутриводный лёд может формироваться и в виде донного льда [17, с. 11].

Результаты анализа и обобщений данных этих исследований показали, что переохлаждение воды (от $-0,01^{\circ}\text{C}$ и больше) может быть при относительно малом перемешивании воды и больших потерях тепла с верхней поверхности водного потока ($S > 200 \text{ Вт/м}^2$). На равнинных реках переохлаждение воды небольшое ($-0,02 \dots -0,03^{\circ}\text{C}$). На горных же реках из-за малой водности при интенсивной теплоотдаче в атмосферу температура воды превышает указанные значения и достигает $-0,05 \dots -0,08^{\circ}\text{C}$ [17, с. 11].

Скопления внутриводного льда в виде комьев на поверхности или в толще речной поток образуют шугу. Шугоход – движение шуги по реке. Вместе с шугой по реке может транспортироваться битый лёд от заберегов и снежура – выпавший в воду снег [17, с.13]. Процесс замерзания реки завершается ледоставом – образованием сплошного ледяного покрова, способного оказать сопротивление воздействию подлёдного потока. Некоторые участки реки могут в течение долгого времени, иногда в течение всей зимы, не замерзать. Незамерзающие участки реки – полыньи могут быть как термического, так и динамического происхождения [17, с.14]. Такова природа процесса образования ледяного покрова на глубоководных реках

России. Подходящая к преграде масса плавущего льда в виде разрозненных ледяных образований останавливается, формируя перед кромкой ледового поля однослойные скопления, обладающие разной степенью устойчивости в зависимости от гидравлических условий. При столкновении с преградой ледяные образования могут затягиваться под неё. Устойчивые скопления, промерзая, образуют неподвижный ледяной покров. Если скопления неустойчивы, то через череду подвижек, переформировываясь, они приходят к устойчивому состоянию и образуют ледяной покров. При этом часть ледового материала, скопившегося перед кромкой льда, может заноситься под лёд, формируя его толщину ниже по течению. С момента образования ледяной перемишки кромка ледяного покрова перемещается вверх по реке. В первом приближении ледяной покров, способный оказать сопротивление воздействию потока, образуется при достижении льдом плотности $\rho_{\text{л}} \geq 0,85$ г/см³ и прочности $\sigma_{\text{л}} \geq 0,37$ МПа [17, с.14]. Чтобы имел место режим наступления кромки ледяного покрова, необходимо соблюдение условия гидродинамической устойчивости льдин и шуговых ковров в створе кромки льда. Данное условие выполняется, когда скорость потока у кромки льда ниже некоторой критической скорости $v_{\text{кр}}$, которой определяется момент заноса ледяных образований на водной поверхности под кромку льда. При формировании теоретических критериев устойчивости ледяных скоплений обычно совместно решаются задача механической устойчивости и задача «процесса смерзания». Условия устойчивости определяются путём решения осреднённых по поперечному сечению ледяного скопления уравнений равновесия не сплошной среды с принятием различных модельных предположений о механических свойствах ледяного материала. На основе такого подхода для случая интенсивного шугообразования В. П. Берденниковым [13-16] была установлена зависимость для расчета начальной толщины шуголедяного покрова

$$t_n = \frac{0,5\rho \cdot I \cdot h}{\tau + \eta \frac{dv}{dL}}, \quad (1.3.3)$$

где τ – начальное скалывающее напряжение шугового слоя; η - коэффициент вязкости шуги; I – уклон водной поверхности в период ледостава; h – средняя глубина за вычетом толщины шугового слоя; dL - расстояние от осевой линии потока до выделенного элемента слоя [17, с.15].

Дальнейшие исследования предельно-напряженного состояния ледяной перемычки, образованной остановившимся шуговым ковром, выполненные Р. В. Донченко [18-19] с использованием экспериментальных данных, позволили переписать зависимость (1.3.3) следующим образом (полагая, что при остановке шуги $v = 0$):

$$t_n = 1,77v^2 \frac{B}{C^2}, \quad (1.3.4)$$

где C – коэффициент Шези. При наличии заберегов в зависимости (1-6) вместо B следует использовать ширину водного потока между заберегами.

В работе [17] учитывается также температура воздуха θ в момент ледостава

$$t_n = \frac{v_n^2 + 0,2}{-0,5\theta}, \quad (1.3.5)$$

где v_n – поверхностная скорость течения при открытом русле [17, с.16].

Зажоры формируются у кромки ледяного покрова в процессе перемещения ее вверх по течению. Увеличение мощности скоплений льда происходит в результате заноса шуги под кромку ледяного покрова и подвижек льда у кромки. Условие устойчивости шуговых ковров перед преградой определяется значением числа Фруда, которое характеризует соотношение между силой инерции $F_{ин.} = m \cdot a$ и внешней силой (сила тяжести) $G = m \cdot g$, в поле которой происходит движение, действующими на элементарный объём жидкости

$$F_r = \frac{F_{ин.}}{G} = \frac{m \cdot a}{m \cdot g} = \frac{v}{t \cdot g} = \frac{v}{\frac{h}{v} \cdot g} = \frac{v^2}{gh}, \quad (1.3.6)$$

где v и h - скорость и глубина потока, g – ускорение свободного падения [17, с.17]. Шуга заносится под кромку при числе Фруда больше критического [77], определяемого по формуле

$$Fr_{кр} = 0,023(1 - \varepsilon) \quad (1.3.7)$$

где ε – пористость шуговых ковров, которая изменяется в зависимости от температуры воздуха (табл. 1.3.1).

Таблица 1.3.1

Координаты зависимости $\varepsilon = f(\theta)$ [17, с.17, табл.1.3.1]

$\theta, ^\circ\text{C}$	-2	-4	-6	-8	-10
ε	0,55	0,41	0,32	0,28	0,25

С понижением температуры воздуха она уменьшается, т.к. шуга промерзает, образуя льдины, которые вовлекаются под кромку при числе Фруда

$$Fr \geq 0,035 \frac{l}{h}, \quad (1.3.8)$$

где l – длина льдины (м) [17, с.18].

Таким образом, кромка льда непрерывно перемещается вверх по течению на участках реки с уклонами

$$I \leq gC^2 Fr_{кр} \quad (1.3.9)$$

(C – коэффициент Шези, $C = (1/n)R^y$), где R - гидравлический радиус; n – коэффициент шероховатости [17, с.18].

Скорость перемещения кромки ледяного покрова

$$v_{кр} = \frac{G_l}{\gamma_l t_l B}, \quad (1.3.10)$$

где γ_l и t_l – удельный вес и толщина слоя шуги, G_l – расход шуги [17, с.18].

Теперь рассмотрим гидрометеорологические условия образования зажоров [17, с.20]. В [17] изложено: Факторы, оказывающие влияние на процессы формирования зажоров льда, можно разделить на постоянные

морфометрические и, изменяющиеся от года к году, гидрометеорологические.

Мощность зажоров в том или ином году на конкретном участке реки зависит от двух групп гидрометеорологических факторов [17, с.20]:

а) тепловых факторов, которые определяют интенсивность образования льда и его смерзаемость;

б) механических факторов, под действием которых происходит транспортирование льда вниз по реке, его торошение и подсовы у кромки ледяного покрова. Для образования зажоров нужен ледяной материал - шуга, которая, с одной стороны, должна интенсивно образовываться, а, с другой стороны, не должна смерзаться. Поэтому существует определенный диапазон температур воздуха, при котором формируются зажоры (-2 ...-10 °С). Наиболее благоприятная для зажорообразования скорость течения воды 0,5-1,6 м/с. При скорости течения меньше 0,5 м/с реки замерзает без зажоров путем смыкания быстро расширяющихся заберегов. При очень большой скорости течения зажоров также не бывает, так как внутриводный лед не может всплыть и сформировать скопления шуги [17, с. 20].

По граничных условиях процесса образования зажора на реках России, в труде В.А. Бузина представлен график, рисунок 1.3.1, [17, с. 21, рис. 1.1], иллюстрирующий изменение соотношения между скоростью течения воды и температурой воздуха в период замерзания реки. Приведённые на этом графике параметры для рек Кыргызстана по температуре воздуха и скоростью потока почти совпадают, что граничные условия подходят для рек Ала-Арча.

В российских глубоководных 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 замерзание происходит без зажоров, в основном за счёт поверхностного льда. При небольшой интенсивности теплоотдачи на российских глубоководных реках с водной

поверхности формируется в основном внутриводный лёд, вместе с тем период замерзания затягивается, что способствует скоплению у кромки большого объёма внутриводного льда, т.е. образованию зажора.

Характер развития ледовых процессов в реках России обусловлен сочетанием условий теплообмена и перемешивания водных масс, движения и накопления льда в русле. За счёт этого процесса формируются шуги. Перечисленные величины находятся в тесной зависимости от теплообмена между воздухом, льдом и водой. Поскольку в начале зимы основной составляющей теплообмен величиной является турбулентный обмен с атмосферой и эффективное излучение, то показатели физико-механических свойств несплошного ледяного покрова при замерзании реки зависят в основном от температуры воздуха.

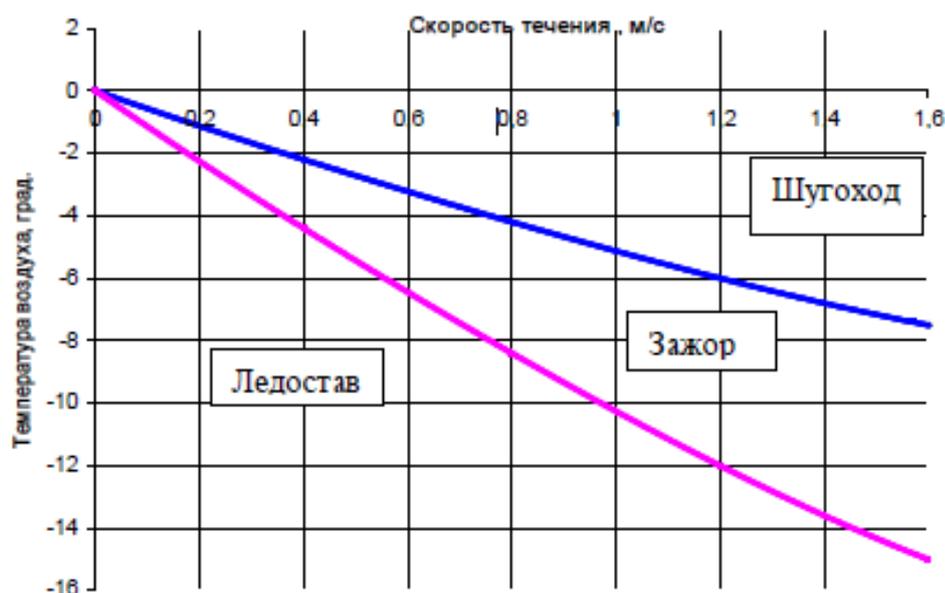


Рисунок 1.3.1. Иллюстрация соотношений температуры воздуха и скорости течения воды в период замерзания реки [17, с. 21, рис. 1.1]

Гидродинамические предпосылки, в свою очередь, определяют размеры и плотность ледяных образований. При низких температурах воздуха (ниже минус 5 °С), небольших расходах воды и малой скорости течения образуются льдины больших размеров. Если мороз слабый (от 0 до минус 5 °С), а скорость течения превышает 0,7 м/с, то образуется много внутриводного

льда, шуги и льдин небольших размеров, которые медленно смерзаются, что благоприятствует подвижкам. Наиболее тесно с температурой воздуха связан коэффициент трения f , который резко увеличивается с понижением температуры воздуха. Поэтому при сильных морозах кромка льда продвигается вверх по реке быстро, без зажоров, даже если расход воды и влекущее усилие водного потока большие [17, с. 21, рис. 1.1]. На реке Ала-Арча формирование затора льда в основном происходит за счет зажора из шуги, тогда как заторы на российских глубоководных реках формируются перед весной, от раздробленного льда, за счёт ледохода при их задержке в русле реки, и при наличии препятствий в пути.

1.3. Обзор о защиты от образования заторов льда на реках

Как известен, одним из опасных природных явлений во всем мире, приводящих к наводнению с подтоплением, является затор льда на реках. Особенно явление заторообразование на малых реках, также как больших реках опасны. Например, в городе Бишкек на реках Ала-Арча и Аламедин. Эти реки, протекая через город Бишкек, способствуют озеленению столицы Кыргызстана, снабжая зеленные насаждения поливом в знойные летние дни, далее орошают долины низовья реки Чуй и заполняют водохранилища. Однако, на этих небольших реках, особенно в черте столицы, бывают опасные явления: зимой зажор и затор льда; весной - половодье. При этом, заторы бывают именно в середине зимы, но не ежегодно. На этих реках отсутствует каких либо защитные гидротехнические сооружения от затора льда с зажорами. Причём, наиболее опасными и труднодоступными местами для очистки ото льда с зажорами были мосты автотранспортные, где невозможно было работать, используя специальную технику. Поэтому на этих опасных участках аварийные работы

велись вручную [2,10]. Несмотря на то, что эти реки являются малыми, образованные заторы льда с зажорами создают для служб МЧС республики и владельцам прилежащим строениям большие проблемы.

Для предотвращения образования заторов с зажорами на определенном участке реки, где часто наблюдаются это явления, предлагались в предыдущее стствия, на способ активный отвод талых вод из-под льда и прибывших сверху по руслу воды с ледоходом и шугоходом, без разрушения целостности образованного льда, даже со снеговым покрытием. Отвод вод осуществляется путем вложения по центру русла реки, начиная с конца хвоста предполагаемого затора с зажорами, последовательно соединенных железобетонных желобов в вырытый канал, начало которого с полуворонкообразным забором с откосом и дном углубленным ниже уровня дна русла реки. Предложенный способ исключает образование заторов льда с зажорами на малых реках. Использование предложенного способа может исключить образование затора и зажора, особенно у мостов и гидротехнически – регуляционных сооружений на реках Ала-Арча и Аламедин. Обзор с анализом литературы показал, что выше предложенный способ, в области знаний по борьбе с заторообразованием обнаружены не был. Нами рассматривались наличия и конструкции устройств, сооружений возможные гидротехнически сооружения.

В известном учебном пособии “Гидротехнические сооружения”, под редакцией Н.П. Розанова (М.: Агропромиздат, 1985) [53], изложены общие сведения о гидротехнических сооружениях, отмечены особенности и условия их работы, включая общие вопросы проектирования в период существования могущественного и единого государства СССР. В пособии приведены материалы о фильтрации воды под гидротехническими сооружениями и обходе их, описано множество различных гидротехнических сооружений: мелиоративных, водопропускных, водосбросных, плотин, каналов, затворов для регулирования рукава русла, водозаборных и специальных гидротехнических сооружений и конструкций на реках. На реках Российской Федерации (РФ), пути и способы борьбы с ними» [6]. В этой работе подчеркивается географические особенности территории РФ: «На земном шаре Россия больше всех страдает от таких опасных природных явлений как

заторы льда на реках. Основными причинами таких ситуаций являются географическое расположение страны на севере Евразии, холодный климат, а также преимущественно северное направление течения большинства российских рек». Однако Кыргызстан, где географическое расположение - Средняя Азия, также не меньше страдает от таких опасных природных явлений как заторы льда и зажоры шуги, не таких крупных, как на Российских реках, но которые происходят не только весной как в России при вскрытии рек, не в осенний период замерзания с образованием зажора шуги, а именно в суровый зимний период, в декабре и январе. **Заторы и зажоры** бывают не только на реках Ала-Арча и Аламедин, но и на других реках на территории КР, которых в семи областях Республики более 90 единиц, без учета мелких. Но эти реки протекают либо вдали от населенных пунктов, в горных ущельях, и не создают опасности. Либо реки, протекающие через населенные пункты, или города, например Ош (река Ак-Бура) и Нарын (река Нарын), имеющие высокие берега и высотные дорожные мосты, на которых заторы не так страшны, как на выше названных двух реках.

В результате исследований, с наблюдением на опорных постах рек Ала-Арча, в черте города Бишкек, установлено, что заторы происходят именно в середине зимы, от движения ледяного покрова и, главным образом, от зажора льда, состоящего из рыхлого льда или шуги в русле реки, и особенно, при выпадании обильного снега. Или в следствие потепления, как в зимнее время 2012-2013 и 2017-2018 годов.

Для проведения общего обзора и анализа опасных природных явлений (зажоры и заторы льда на реках), было просмотрено множества доступных видео- и аудиоматериалов по Интернету при многократном их повторении. К сожалению все эти просмотры относились к явлениям на Российских крупных реках Сибири и Дальнего Востока. Но были проведены натурные исследования путем наблюдения, фотографирования и выполнения видео-аудио записей по заторам и зажорам на реках Ала-Арча и Аламедин на

территории г. Бишкек. Выполнено множество фотосъемок до и после ликвидации заторов на наблюдаемых участках. Кроме того, были просмотрены информационные материалы, снятые службами МЧС КР [2], и сюжеты телепередач того времени, когда журналисты освещали случившиеся явления. Было проанализировано множество известных изобретений по борьбе с заторами и зажорами на реках. В итоге внимание остановлено на изобретении “Сооружение для предотвращения заторообразований на реке” (KG ПАТЕНТ № 2141, С1 30.04.2019. Бюл.№ 4) [84].

Сущность выше указанного изобретения по содержанию близко к сущности рассматриваемой проблемы: повышение эффективности предотвращения заторообразований на определенных опасных участках рек, какими являются стойки не высоких мостах, без разрушения целостности образованного льда со снеговым покрытием, путем отвода за пределы моста по желобам, уложенным в канал с углубленным дном, вырытым ниже уровня дна русла реки талых вод из подо льда и прибывших сверху по руслу реки вод с мелким льдом, и шугой.

Задачей данного [84] изобретения “Сооружение для предотвращения заторообразований на реке” была, сохранение целостность образованного льда и снегового покрова на поверхности льда по руслу реки, на определенном участке, начиная спереди, где имеются препятствия движению ледохода и шугохода, главным образом у моста, отвод воды из-под моста по желобам, уложенным в канал с углубленным дном, вырытым ниже уровня дна русла реки.

Поставленная задача решается сооружением, содержащим канал и тело клиновидной формы железобетонного бруса с косыми торцевыми гранями, которые с помощью штифта закреплены на дне реки под острым углом α к направлению речного потока воды, начиная от берега реки до борта последовательно соединенных концами желобов, уложенных в канал с

углубленным дном, вырытым ниже уровня дна русла реки, при этом верхние грани борта желобов не превышают уровня дна реки.

Данное техническое решение может решить поставленную задачу, если прибывший сверху поток воды будет только с мелкими льдами и шугами направлены в полуворонкообразный заборный откос 4 (см. ПАТЕНТ за № 2141, фиг.1, [84]). Далее, поток воды устремляется по течению по каналу 3 с желобами 2, унося мелкий лед и шугу (см. там же). Однако, имеется недостаток по данному изобретению. Но может быть, что к этому моменту уже образованы зажоры и заторы до полуворонкообразного заборного откоса, предусмотренного впереди первого блока желобов, вложенных в вырытый ниже дна реки канал. Могут по полуворонкообразному заборному откосу поступить сверху, совместно с рыхлым льдом и шугой. Кроме того крупные льдины, шириной больше ширины желобов сверху, могут сдвинуться в ранее образованный затор или зажор льда с большим объемом и забить вход в желоба, образуя заторы. Аналогичное явление наблюдается в быту, при переливании густой жидкости с примесями в другой сосуд.

Имеющийся недостаток по патенту [84] объясняется следующим образом. Так как, реки Ала-Арча и Аламедин с высокими бетонными бортами, на всю их ширину предусмотрены бетонные пороги с водосбросами для создания ярусной ступеньки с поверхностью, параллельной горизонтальному дну реки, как показано на фото 1, которые предназначены для понижения (энергии) скорости течения обильного потока воды, появляющегося в период весеннего половодья в реках, в жаркие периоды обильного таяния снега и льда в горах или весенних дождей с ливнями.

Как установлено, наблюдением, в холодный период в начале и конце зимы воды в русле рек Ала-Арча и Аламедин будет мало. Поэтому зимой на дне этих рек, на ярусных ступеньках формируются твердые, довольно толстые корки льда. После снегопада, поверхность льда покрывается снегом.

Во время обильного снегопада, вследствие которого происходит понижение мороза, температура в атмосфере будет положительной (такая погода характерна для климата КР). Уровень воды в руслах рек поднимается из-за талых вод и еще поступающих сверху. Тогда под действием силы Архимеда, освобожденные от связи с берегом ледяные покровы поднимаются. Так как температура в стыках между береговыми краями льда и гравиями, или бетонным бортом, или же просто по земляным краям реки разная, ледяные покровы будут освобождены от сцепления с берегом, образуя кромку льда. Поднятые ледяные глыбы (покровы), сверху покрытым снегом, будут двигаться по воде вниз, и при переходе через бетонные ступеньки на дне реки, падая с последней могут разломаться на куски, далее поступают на следующую нижнюю ярусную ступеньку. Однако, из-за небольшой высоты ступеньки, например, как на реке Ала-Арча, не все глыбы льда могут разламываться на достаточно мелкие куски, чтобы потом быть унесенными потоком воды по желобам, вложенным в канал. Здесь могут быть крупные льдины, шириною больше ширины желоба. Поэтому могут образовываться заторы у входа в желоб, быстро заполняя полуворонкообразный заборный откос, объем которого небольшой. Кроме этого, унесенные водой по желобам ледоходы и шугоходы могут также накопиться за мостом, а именно после желобов, вложенных в вырытый канал, где согласно описанию в ПАТЕНТУ № 2141, дно канала под желобом в конце сравнивается с дном реки, поэтому и там могут образоваться заторы и зажоры: после желоба скорость потока воды со льдом и шугой резко уменьшается из-за соответственного резкого расширения живого сечения потока воды. Если есть за бортом желоба течение воды, то их скорости сравниваются. Если нет, то скорость покинувшего желоб потока воды со льдом и шугой уменьшится на нет. За счет вновь поступающей сверху по желобам потока воды с наносами тут быстро накопится шуга и лед и образуется затор. Аналогичное явление имело место за мостом одного из опорно-наблюдательных постов (участок), расположенного на пересечении р. Ала-Арча и ул. Льва Толстого. Такое

явление видно на фото 2, где образован именно за мостом крупный зажор льда, сфотографированный автором, зимой в 2012-2013 г.г. Там видно, как зажор льда, скопившись, поднялся с обратной стороны моста, т.е. за мостом, почти перекрывая мост. Как видно, двое сотрудников МЧС КР обследывают образованное явление за мостом (второй сотрудник виден за зажорным образованием. Хорошо виден на цветной фото.). Этот участок считается местом постоянного образования заторов.

Таким образом, недостатком гидротехнического сооружения, ПАТЕНТ за № 2141, является то, что прибывшей сверху по руслу реки крупногабаритный шугоход и ледоход, или прорвавшийся сверху поток и сдвинувшийся затор могут наглухо забить полуворонкообразный заборный откос, образуя снова затор уже у входа в желобы. Еще, унесенные водой по желобам лед и шуга могут накопиться за мостом, образуя также зажоры льда, которые, разрастаясь снизу вверх, могут достичь (дорости до) моста и, перекрыв поток воды, образовать наводнение.

Задачей данной статьи является устранение указанных недостатков указанного патента [84]: повышение надежности работы предложенного в данном патенте сооружений для предотвращения заторообразований на реке путем создание на начале желобов, вложенных в канал, сооружение, в виде высокой железобетонной водосбросной перегородки, в виде водопада с объемным пространством на всю ширину реки, с глубиной, измеряемой от верхней грани бетонного порога водопада, до дна канала под желобами. При этом, длина пространства у водопада, начиная от его порога водопада до торца первого блока желобов, будет равна примерно ширине реки. Береговые стенки реки и боковые стенки пространства водопада из железобетонной плиты будут соединены в стыкованных сопряжениях со стенками первого блока из последовательно вложенных в канал, вырытый на дне реки, желобов. На конце последнего блока желобов будет также сооружен водопад с большим котлованом, шириной примерно равной ширине реки, и как можно большей длиной по руслу реки, куда будут поступать льда и шуга.

Гидротехническое сооружение, в виде высокой железобетонной водосбросной перегородки, с которой спадает водопад с объемным пространством, шириною близкой ширине реки, глубиной, измеряемой, начиная от верхней грани бетонного порога на реке до глубины, наравне с дном канала под желобов, при этом длина пространства, измеряемая, от его порога до торца первого блока желобов, будет приблизительно ширине реки, образуя достаточно большое пространство для свободного маневрирования льда. При этом береговые стенки реки и боковые стенки пространства из железобетонной плиты будут соединены в стыкованные сопряжения со стенками первого блока желобов, а на конце последнего блока желобов будет также сооружен водопад с большим котлованом, шириной близкой на ширине реки, и как можно большей длиной по течению руслу, куда будут поступать льды и шуга. Такой водопад позволяет в значительной степени разрушить при падений с большой высоты сплошные льдины и комковатые зажорные образования крупных размеров, и далее уносить потоком воды по желобам как лед и шугу, которые будут поступать в котлован, сооруженный на конце последнего блока желобов, где невозможно образование заторов.

Конструкция желобов и водопад, для удобства их транспортировки и монтажа сделаны составными, состоящими из отдельных одинаковых блоков, укладываемых с учетом теплового зазора последовательно встык, в вырытые каналы на дне реки и в поперечный канал под высокие железобетонные водосбросные перегородки, образуя водопад.

Поставленная задача решается тем, что сооружение для предоотвращения заторообразования на реках, содержащее, согласно патента, канал и тело клиновидной формы, выполненное в виде железобетонного бруса с косыми торцевыми гранями, закрепляются на дне реки под острым углом α к направлению речного потока, начиная от берега реки до борта желоба, уложенного в канал с углубленным дном, вырытый ниже уровня дна реки, при этом верхние грани борта желоба не превышают уровень дна реки; на начале желобов, вложенных в канал, сооружена высокая железобетонная

водосбросная перегородка в виде водопада с объемным пространством, шириною на всю ширину реки, глубиной, измеряемой от верхней грани бетонного порога на дне реки до глубины, наравне с дном канала под желоб, при этом длина объемного пространства водопада будет равна расстоянию до торца первого блока желобов и близка ширине реки. При этом береговые стенки реки и боковые стенки пространства у водопада из железобетонной плиты соединены в стыкованные сопряжения со стенками первого блока желобов, а на конце последнего блока желобов также сооружен водопад с большим котлованом шириной, равной ширине реки, и как можно большей длиной по течению реки, куда поступают льды и шуга.

При большой ширине реки, количество рукавов ручья могут быть много, тогда количество желобов могут быть больше одного, например, три параллельные, и береговые стенки реки и боковые стенки пространства у водопада, выполняются из железобетонной плиты. Они соединены в стыкованные сопряжения с бортовыми стенками первого блока каждого из трех параллельных желобов по остроугольным, клинообразным железобетонным плитам.

Устройство предлагаемое гидротехнического сооружение поясняется чертежами: на фиг. 1 представлен общий вид сооружения, в продольном разрезе по оси русла реки, без потока воды, с указанием вида на стойки, опоры и поперечного сечения перекрытия моста, профиля автодороги и тротуаров с придорожными откосами, или вид согласно разрезу А-А, на фиг. 2 и 3; на фиг. 2 и 3 - общие виды сооружения на реке без указания потока воды, в плане с указанием одному и трем ручейным каналам на дне реки, опоры моста, снятые с них плиты перекрытия, и с указанием элементов сооружения, предусмотренных по прототипу; на фиг. 4 – вид с увеличением, на участке реки с видом на водопад с объемным пространством, согласно выноске Б, на фиг. 1; фиг. 5 – вид с увеличением на конструкцию остроконечной пики -, разколотник льда 20; фиг. 6 – вид с увеличением на поперечное сечение участка реки по объемного пространства на водопаде,

согласно сечению Г-Г на фиг. 2, с поворотом на 90° , с фронтальным видом, а также видом, согласно на фиг. – 4 по сечению Г-Г; фиг. 7 – вид на фиг. 4, с указанием происходящих процессов водотока на фоне сооружения водопада и в тот момент потока воды из подольда, и в момент ледохода, с крупным подвижным ледяным покровом на потоке воды; фиг. 8 – вид с увеличением, как на фиг. 7, в момент активного разламывания поступающего сверху покрова льда крупных размеров, на достаточно мелкие куски, железным остроконечным пиком – разколотником льда.

Гидротехническое сооружение состоит из размещенных по центру русла реки 1 элементов прототипа с одним и тремя ручейными каналами 2 на дне 3 реки 1, вложенными в них желобами 4, состоящим из одинаковых железобетонных блоков и тела клиновидной формы, выполненного в виде железобетонного бруса 5, с косыми торцевыми гранями, закрепленными на дне 3 реки 1 под острым углом α . Далее сооружение состоит из высокой железобетонной водосбросной перегородки в виде водопада 6, объемного пространства 7 после порога 8 водопада 6, где ширина последнего равна ширине реки 1, а его глубина равна глубине, измеряемой от верхней грани бетонного порога 8 до дна 9 канала 2 под желобом 4. Длина пространства 7 после водопада 6 от его порога 8 до торца первого блока 10 из желобов 4 будет близка ширине реки 1. При этом, береговые стенки 11 реки 1 и боковые стенки 12 пространства 7 водопада 6, из железобетонных плит, соединены встык в сопряжения с боковыми стенками 13 первого блока 10 желобов 4. На конце последнего блока 14 желобов 4 сооружен водопад 15, с аналогичной конструкцией водопада 6, с большим котлованом 16 (см. фиг. 1, выноска В).

При большой ширине реки 1, количество рукавов ручья может быть больше, тогда количество каналов 2 на дне 3 реки 1, может быть больше одной, например, три, тогда береговые стенки 11 реки 1 и боковые стенки 12 пространства 7 водопада 6 из железобетонных плит, соединены в стыкованные сопряжения с бортовыми стенками первых блоков 10 желобов 4

по остроугольным клинообразным 17 откосным железобетонным плитам 18. Для отвода подледной воды через водопады 6 и 15, на их поверхности предусмотрены в ряд расположенные водянные каналы 19.

В конструкции водопада 6 предусмотрены железные остроконечные пики расколотников 20 (см. фиг. 5), расположенных в ряд по ширине водопада 6 с равным интервалом, равным, не более $2/3$ размера средней ширины желоба 4.

Гидротехническое сооружение работает следующим образом.

Предотвращение образования затора и зажора до начала желобов 4, вложенных в канал 2, на дне 3 реки 1, осуществляется введением в строй сооружения в виде высокой железобетонной водосбросной перегородки, в виде водопада 6 с объемным пространством 7. Так как широкий покров льда, большой ширины желобов 4, и комковатые зажорные образования крупных размеров при падении с высокой водосбросной перегородки– водопада 6, проходя через железобетонный порог 8, могут разламываться на куски, меньшие ширины желобов 4, уносимые потоком воды по желобам 4, то эти куски в виде льдин и шуги поступят через также сооруженную на конце последнего блока 14 желобов 4 водосбросная перегородка - водопад 15 в большой котлован 16, где заторы или зажоры в принципе образоваться не могут.

Падающие куски льда в пространство 7 после водопада 6 будут вынесены потоком воды на вход первого блока 10 желоба 4, и уплывут, так как в любом случае уходящий поток воды по желобам 4 затягивает к себе, следом текущий поток со всем содержимым.

В объемном пространстве 7 поднимаемый силами Архимеда лед направляется на вход первого блока 10 и образует ледоход. Как известно, плотность воды больше плотности льда и комка зажорного образования. В более объемном пространстве 7, если окажется, что ширина льда больше ширины желобов 4, на входе в желоб застрявший лед может перекрыть поток воды. В этом случае появившийся затор вызывает накопление воды в

пространстве 7 с большим объемом. Тогда тут под действием силы Архимеда и еще толкающей силы давления, появившейся от движения под застрявший лед поток воды будет поднимать застрявший лед вверх. Этому сопутствует также трапециадальная форма поперечного сечения желобов 4, так как расширяющаяся вверх форма поперечного сечения желобов 4 не будет препятствовать подъему льда. Под действием неравномерности суммарных сил по сторонам льда и силы трения льда о стенки желоба, застрявший лед может наклонясь, поместиться в желоб 4 и далее уноситься потоком воды. Лед, уже поступивший в желоб 4, застрять не может, потому что для этого у него нет причин. Даже если лед застрял у желоба 4 и образовал затор, то из-за трапецевидности поперечного сечения желоба 4 и объема, заполненного потоком, воды в пространстве 7, под действием сил Архимеда и давления потока воды лед поднимется вверх, даже за пределы желобов 4 и окажется вытолкнутым на берег, на поверхность неподвижного покрова льда со снежным покрытием. Неподвижность покрова льда по берегам канала 2, т. е. на дне 3 реки 1 обеспечивает сооружение, описанное по прототипу, где тело клиновидной формы, выполненное в виде железобетонного бруска 5, не позволяет покрову льда двигаться, даже если на данной территории потеплеет до плюсовых температур. Тогда воды, растаявшие под льдом уходят в желоб 4, поэтому под ледовым покрытием отсутствует сила Архимеда.

При полноводном потоке воды по желобам 4 очевидно будет движение льда и шуги и над желобом 4 образуются *закраины* – полосы открытой воды вдоль берега канала 2, на дне 3 реки 1 с неподвижным льдом, покрытым снегом (см., стр. 11,[3]). Таким образом, при предложенном гидротехническом сооружении образование затора в желобе 4 впереди и за мостом быть не может. В худшем случае, на опасном участке, где ранее образовались заторы, уровень потока воды даже выше ледового покрытия на дне 3 реки 1, тогда образуется *польнья (майна)* – участок открытой водной поверхности среди ледяного покрова, по линии над поверхностью желобов 4

(см., стр. 11,[3]). Здесь образование затора быть не может, из-за отсутствия препятствия на поверхности покрова льда. Лед и шуга уносятся потоком воды вниз, образуя ледоход и шугоход по линии над поверхностью желобов 4 и вместе с потоком воды поступают в котлован 16 через водопад 15.

В суровый зимний период реки замерзают, тогда лед и шуга не образуются, а появляются *забереги* – полосы неподвижного льда вдоль берега (см., стр. 11,[3]). Тогда вода может быть течет под ледовым покрытием желоба 4. В такой период расход воды в реке и в желобе 4 будет меньше, чем в другой период зимы, и явлений в виде ледохода и шугоход не будут.

В необычно теплые зимы, такие как в 2012-2013 и в 2017-2018 годах предложенное гидротехническое сооружение, в составе сооружения по патенту [7], в зоне русла реки 1 на его дне 3 с каналом 2, вложенными желобами 4, и водопад 6 с объемным пространством 7 и на конце желобов 4 водопад 15 и с большим котлованом 16, наличием потока воды, имеющего ледоход и шугоход, предложенное гидротехническое сооружение будет надежно работать. Пропуск льда и зажора через ранее затороопасный участок будет проходить беззадержки.

Если на вышеуказанном участке река замерзнет, тогда образуется неподвижный ледяной покров. В этот период расход воды в русле реки 1 будет минимальным (какраз меженный период), и вода в объемном пространстве 7 может протекать под ледовым покрытием в желобе 4, и течь далее по желобам 4, и возможно, под ледовым покрытием через водопад 15, имеющем на поверхности в ряд расположенные водянные каналы 19, далее вниз в котлован 16 с ледовым покрытием. Поток воды с верхнего горизонтального ярусного дна 3 русла реки 1, поступает в объемное пространство 7 из подо льда через водопад 6, где также могут быть образованы ледяные покровы или сосульки, откуда вода под ними поступает вниз под ледовой покров на дно объемного пространства 7, далее оттуда по желобам 4 потечет в котлован 16 через водопад 15. Чтобы подледные потоки

воды сверху прошли через водопады 6 и 15, на их поверхности предусмотрены в ряд расположенные водяные каналы 19 (см. фиг. 4; 6; 7 и 8), через которые протекают подоледные воды вниз и попадают в подлед следующего нижнего уровня.

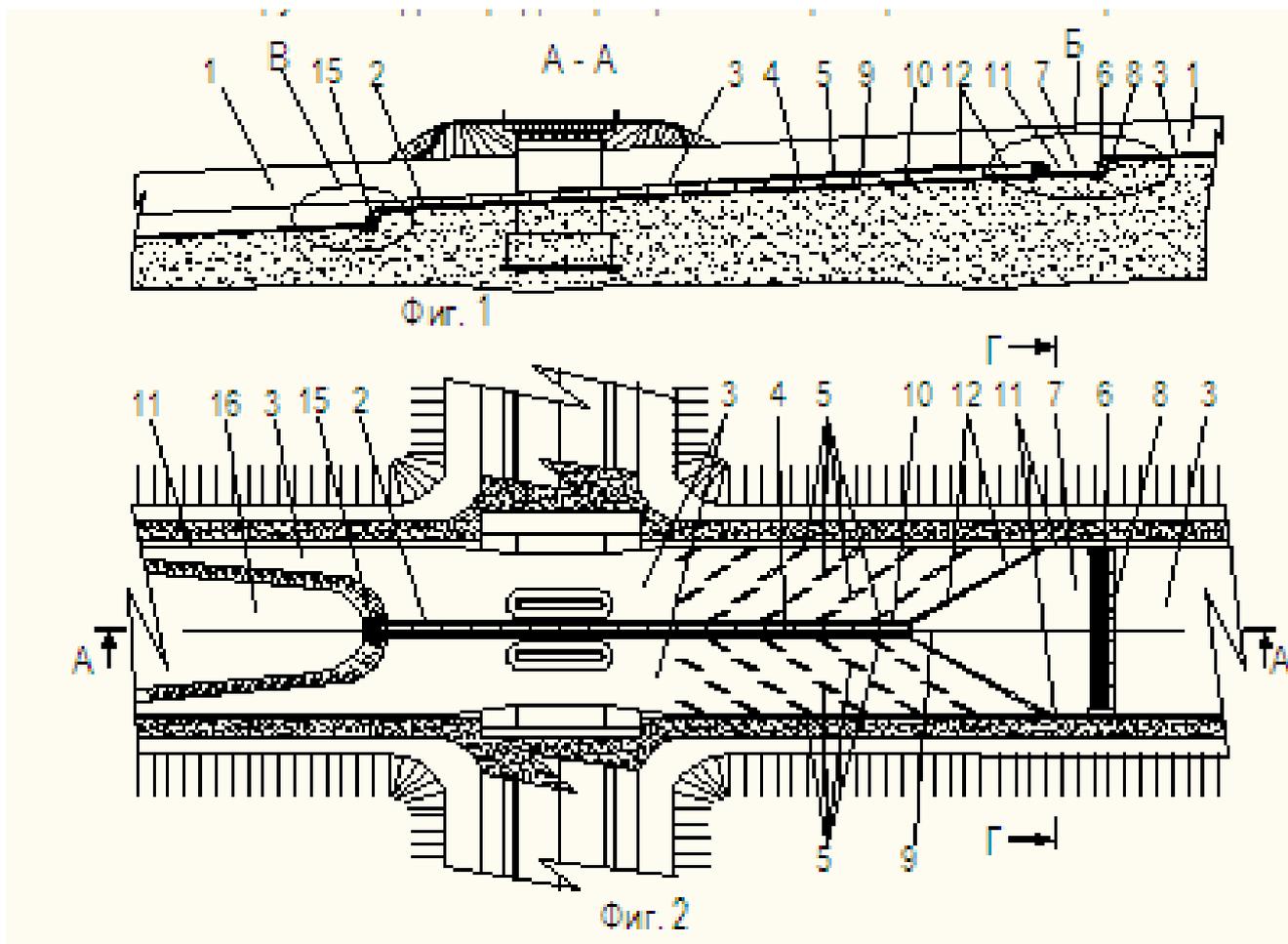
В период ледохода и шугохода на реках, с целью надежного разламывания поступающих сверху покрова льдин и комковатого зажорного образования с крупных размераов на достаточно мелкие куски, в конструкции водопада 6 предусмотрены железные остроконечные пики - расколотники льда 20, расположенные в ряд по ширине водопада 6, через интервалы, равные не более $2/3$ размера средней ширины желоба 4.

При падении ледяного покрова с порога 8 водопада 6, ударом об остроконечный пик - расколотник 20, ледяной покров может разламываться на достаточно мелкие куски, меньшие ширины желоба 4 и уноситься потоком воды по желобам 4. Конструкция расколотника льда 20 может быть съемной. Для закрепления расколотников льда 20 в конструкции водопада 6, предусмотрены гнезда, сквозные отверстия.

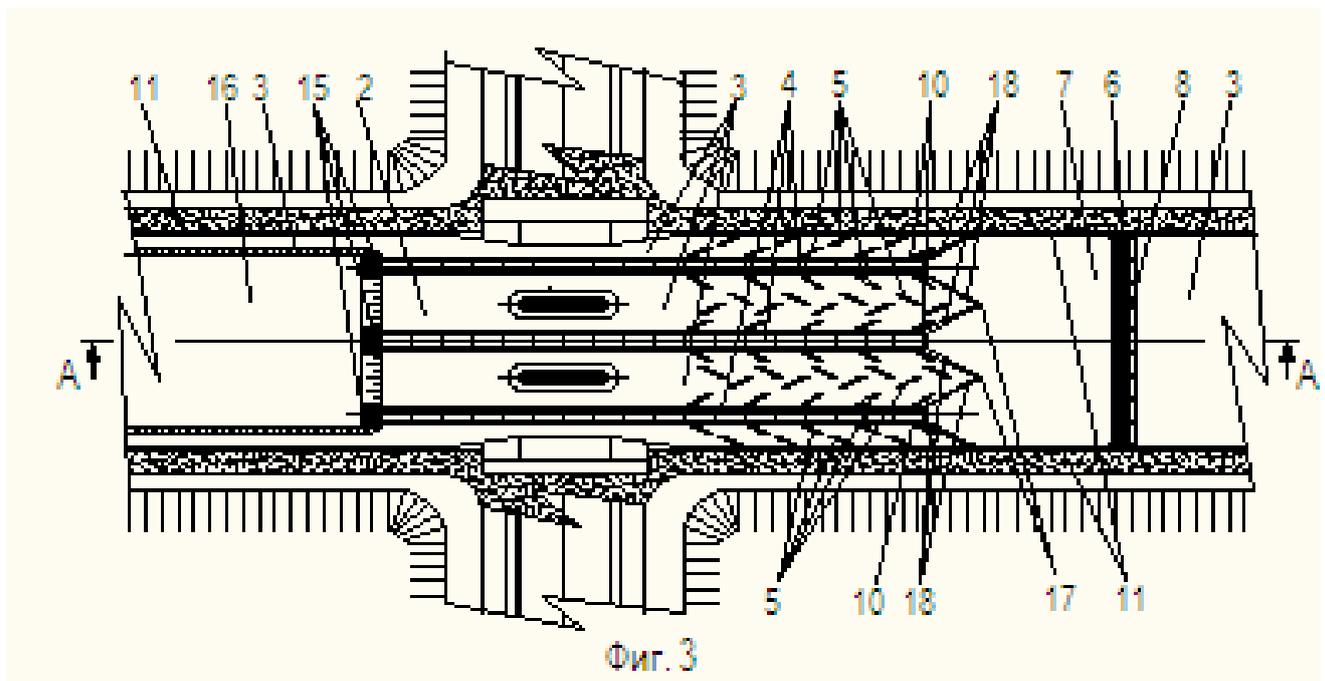
Предложенное гидротехническое сооружение надежно обеспечит защиту затороопасных участков на реках от заторообразований льдами и зажорами.

Для обстоятельного описания надежности работы предложенного сооружения, ниже представлены следующие иллюстрации. На фиг. 4 – вид на участки реки с видом на водопад с объемным пространством, в увеличенном виде, согласно выноске Б, на фиг. 1, где вынесены необходимые позиции для пояснения. Здесь же на фиг. 5 – увеличенный вид конструкции остроконечного пика расколотника льда 20. На фиг. 6 – вид на поперечное сечение участка реки, согласно сечению Г-Г на фиг. 2, в увеличенном виде и поворотом на 90° полученный фронтальный вид на водопад 6, а также видом, согласно на фиг. – 4, по сечению Г-Г, предоставлены на обзор о береговых стенках реки 11, водяные канавки 19, в ряд расположенные на поверхности водопада 6, предусмотренные для отвода поделедных вод через водопад в морозный период зимы, и в ряд расположенные в специальных гнездах на

теле водопада, для вставления туда расколотников льда 20. На фиг. 7 – вид, что на фиг. 4, с изображением процесса на реке в момент, когда поток воды подо льдом, или в момент ледохода, с крупным подвижным льдом. На фиг. 8 – вид фиг. 7 с увеличением в момент разламывания на достаточно мелкие куски, льдин крупных размеров падающие сверху покров, на железные расколотники льда с остроконечным пиками.



На фиг. 1 представлен общий вид сооружения, в продольном разрезе по оси русла реки, без потока воды, с указанием вида на стойки, опоры и поперечного сечения перекрытия моста, профиля автодороги и тротуаров с придорожными откосами, или вид согласно разрезу А-А (см. Фиг. 2). На фиг. 2 - общий вид сооружения на реке без указания потока воды, в плане, с указанием одного ручейного канала на дне реки, опоры моста, снятые с них плиты перекрытия, и с указанием элементов сооружения, предусмотренные по патенту [7].

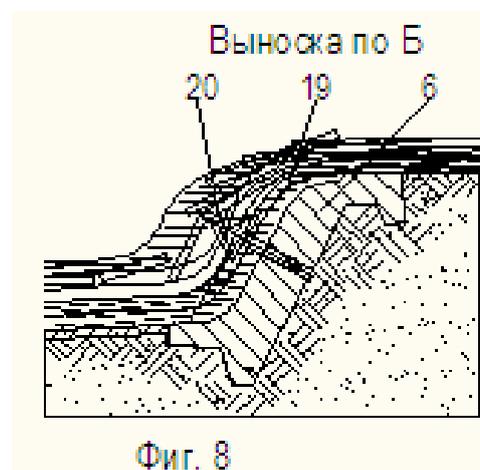
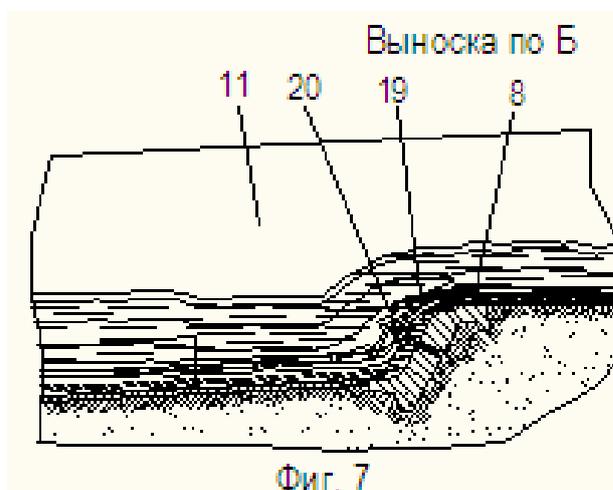
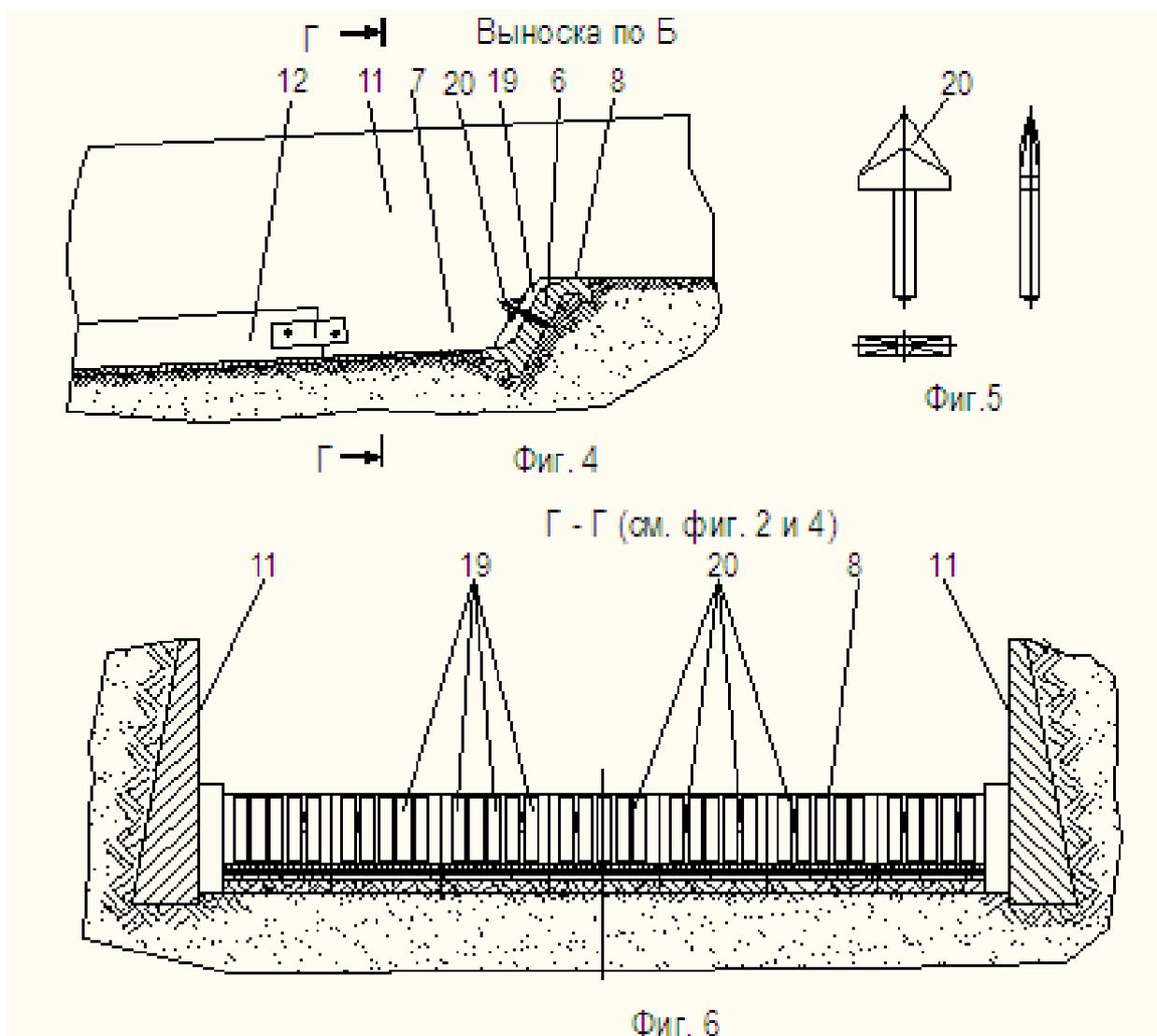


На фиг. 3 – тоже общий вид сооружения на реке без указания потока воды, в плане, с указанием трех ручейных каналов на дне реки, остальные элементы такие же, как на фиг. 2.

Для обстоятельного описания надежности работы предложенного сооружения, ниже представлены следующие иллюстрации. На фиг. 4 – вид на участки реки с видом на водопад с объемным пространством, в увеличенном виде, согласно выноске Б, на фиг. 1, где вынесены необходимые позиции для пояснения. Здесь же на фиг. 5 – увеличенный вид конструкции остроконечного пика расколотника льда 20.

На фиг. 6 – вид на поперечное сечение участка реки, согласно сечению Г-Г на фиг. 2, в увеличенном виде и поворотом на 90° полученный фронтальный вид на водопад 6, а также видом, согласно на фиг. – 4, по сечению Г-Г, предоставлены на обзор о береговых стенках реки 11, водяные канавки 19, в ряд расположенные на поверхности водопада 6, предусмотренные для отвода поделедных вод через водопад в морозный период зимы, и в ряд расположенные в специальных гнездах на теле водопада, для вставления туда расколотников льда 20. На фиг. 7 – вид, что на фиг. 4, с изображением процесса на реке в момент, когда поток воды подо льдом, или в момент ледохода, с крупным подвижным льдом. На фиг. 8 – вид фиг. 7 с

увеличением в момент разламывания на достаточно мелкие куски, льдин крупных размеров падающие сверху покров, на железные расколотники льда с остроконечным пиками.



Предложенное гидротехническое сооружение может надежно обеспечить защиту затороопасных участков реки от заторообразований льдами и зажорам на реках в городе Бишкек, на реках Ала-Арча.

1.4. Выводы по главе

Во первой главе диссертационной работы изложены литературные обзоры по явлениям селевого потока от обильного ливневого дождя и заторов льда на реках. Обзор и анализ о реки Аламедин и Ала-Арча изложены по источникам [2, 12], здесь следует отметить, о том, что там часто повторяющиеся внесённые составителями два слова: «водноледяных образований», являются как рыхлый лёд, названное иначе в основных источниках, как «зажоры».

Так, как тема диссертации посвящены двум явлениям, с одинаковыми видами опасностями для населения и приводят к сходным последствиям разрушению, затоплению и наводнению. Они имеют общности в причинах только их возникновения, которыми являются Солнце и Вода. При глубоком морфологическом анализе установлены, что они физически кардинально отличаются. Например, плотность льда $\rho_{л} = 0,815 - 0,919,4 \text{ кг} / \text{м}^3$, при морозе на атмосфере, -15°C , в общем случае плотность ледяной заторной массы $\rho_{л} < 1$, поэтому в воде они перемешаются на плаву, а плотность материалы селевого потока $\rho_{сп} > 1$, или плотность селевой смеси лежит в диапазоне $\rho_{сп} = 1100 - 2500 \text{ кг} / \text{м}^3$ и перемещаются по поверхности грунта или по дне реки. Поэтому у этих двух явлений динамика и характеры движения, как разные материальные двух фазные сплошные среда кардинально разные. И эти два явления исследовались в отдельности, и в литературном обзоре, где находили отдельные, не связанные между собою научные информации. Проведен литературный обзор селевого потока и находилы много ценные информации. В рамках данного раздела были исследованы структуры селевого потока от обильного ливневого дождя, в результате которого

предложен метод с устройством защиты объектов на сельской местности, путем заранее установкой защитные сооружения на пути движения “языка” селевого потока, за которыми следуют “ядро” потока, этим обеспечивается отвод главного направления селевого потока от объекта защиты. С учетом глубины изученности селевого потока и результате исследований структуры селевого потока и получением ПАТЕНТ на изобретений [11], считать исчерпаной изучения нами в рамках данной работы эту явление и приостановили от дальнейшего исследования, продолжив исследований заторы льда на реках. При этом, принимая во внимания работа с затором льда на реке Ала-Арча доступна для натурного исследования.

Детальное изучение одного из первых источников, изложенный из совокупности научных исследований по затором и зажором на реках до 1970 года, которой является коллективный труд [29], где охвачен труды ученых всего Союза Советской Социалистической Республики (СССР). В этом методологическом труде уже изложены определение основных терминов, даны определение на заторов и зажоров на реках, процесс формирования и места образования заторов льда, факторы образования, классификация и пути борьбы заторами. Труд В.А. Бузина [17], изданная в 2016 году, по существу дополняет достижения коллективного труда [29] и охватывает труды всего [14-17; 19-38; 48-82], включая уже российских ученых и содержат ряд для нас новые научные исследования о зажорах из шуги. Установлены, что все материалы работ были посвящены крупным российским рекам, где защиты от заторов реки решаются путём, сперва выполнив разрушения покрытия льда и зажорного покрова, затем их отводят по реки, в виде ледоход и шугаход.

ГЛАВА 2. МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАТОРОВ ЛЬДА НА РЕКЕ КЫРГЫЗСТАНА

2.1. Объект исследования формирования заторов льда на реках

Объектом исследования является явления природы в русле реки в формированиях заторы льда, зимой при низкой температуре воздухе, накоплением зазора из материала шуги, в шаровидной форме, приводящих к зазорному закупорку потока воды на порогах водораспределительного сооружения, под мостом автомагистралей и других затороопасных участках реки Кыргызстана. Изучения этого явления опирались на научные материалы из литературного обзора по теме исследований – зазоры и заторы льда на реках, однако, обзоры были в основном глубоководных реках России. Наличие самой реки Ала-Арча, являясь как полигон, позволила проводить натурных экспериментальных исследований, с измерением скорости и расхода потока воды, изучением режимов движений



Рисунок 2.1.1 – Вид на заторы в русле реки Ала-Арча, сформированные из зазорных накоплений за сооружением, в холодный ночь в 13 январь 2023 г.

потоки воды, с применением макета экспериментального гидротехнического сооружения. По существу, материалы, изложенные в первой главе, в п.1.1, с

рисунками с 1.1.1 по 1.1.15 служить для натурального представления о происходящих в зимнем (суровом) сезоне года, в рамках данной научной работы. Все выше изложенные материалы представляют собою методы исследования объекта в определённом уровне для углублённого познания.



Рисунок 2.1.2 - Вид на зажор за мостом автомагистрали, на пересечении река Ала-Арча и ул. Льва Толстого, зимой после 28 января 2018 года. Снимок автора, снята со северной стороны моста. Вода с крайнего правого пролета моста пробила себе туннель и затор был прекрещен

Необходимо отметить о том, что приложения рисунки об объект исследований в описаниях данной работе в необходимом, но обоснованном минимальном количестве целесообразно, ибо наглядные рисунки помогают визуального анализа в познания сущность явлений в изучениях, с оценкой его состояний и в определения предметные его исследования. Такое решение тоже есть метод исследования. Затор льда на реке Ала-Арча, как на рисунке 2.1.1 состоялся в холодный ночь 12 до утра 13 января 2023 года, при температуре воздуха -19°C , и становится натуральная физическая модель объект исследования, параметры погоды с место событий представлены ниже в виде графика на рисунке 2.1.10, полученный из интернета как

гидрометеорологические данные за каждые сутки [39-47]. Все представленные графики на рисунках 2.1.7-2.1.15 представляют ценные научные материалы для исследований объект, которые нужны для сравнительного анализа с данными собранными натурными данными.

На рисунке 2.1.2 представлен другой затор льда из зазора состоявший после крепкого мороза в воздухе в 28 января 2018 года, на мосту автомагистрали по ул. Льва Толстого, на реку Ала-Арча. Здесь зазорные массы, после мороза от 28 января 2018 года, при дневной теплой температуре воздуха около $+8^{\circ}\text{C}$, под солнечной радиации протесняясь проходя под пролетами моста, наращиваясь от поступления с вытеснением под давлением внутрь втесняясь в под мост массы зазоры, которые поднимаясь вверх под надтиском снизу зазорной массы переместившись с обратной стороны пролета моста, перемещаясь вверх к мосту, являясь как “голова зазора”, набираясь в объем, скопившись в кучу, склонившись упираются к сооружению моста. Когда поток воды под зазором пробила себе “туннель» через правый крайний пролет моста, тогда процесс наращивания “голова затора” прекратилась. Здесь, на верху накопления «голова затора» видны, что там находится 2 человек - сотрудники МЧС (один человек хорошо не невидны и находится за крупной зазорной глыбой), и они сидя, очевидно обследовали объект.

Теперь обратим внимание на вид объект исследования на рисунке 2.1.1, где затор льда из материала зазора, визуалью видны за конструкцией водораспределительного сооружения, где материалы из “тела затора” вывозятся погрузкой на автотранспорт, освобождая путь для отвода воды из бассейна, т.е. из зоны накопления воды под зазорного накопления. Здесь также следует обратить внимания на верхний уровень поверхности зазорного накопления, на рисунке 2.1.1, что в момент фото-съемки этого объекта, уже были снижены поверхностная уровень затора в бассейн, т.е. после удаления ранее утром 09.01.2023 года техникой “тела затора” воды под зазорные покрова уже изтекли в водопад, и уровень поверхности зазорного покрова

“сели вниз”, чем уровень с раннего утра, до появления техники на объект. Ибо, верхняя уровень поверхности зажора были намного выше, чем на рисунке 2.1.1, так как за ночь, воды с зажорами переливались через береговые ж/б стенки вдоль русла реки, начиная с верхнего пешеходного моста. Также надо отметить, что, с ночь и раннего утра 13 января 2023 года, до появления техники уже были переливы через сооружения и по поверхности “тела затора”. О чем подтверждаются обнаруженные площадей затопления территории озеленения с арычными системами и были затопленными дорожными тротуарами тропа на правом берегу русла реки, введущие к зданиям прилегающих научных институтов “Машиноведения” и “Геомеханики и освоения недр” НАН КР. Далее на рисунках 2.1.3 и 2.1.4 – представлены объекты исследования на русле реки, там на том же участке, где формированы зажорные заторы на рисунке 2.1.1, состоявшие зажорные заторы льда на и за водораспределительным сооружением. Как видны на рисунке 2.1.3, на участке за сооружением проходит процесс ликвидации «головы и тело затора сопровождением частичным



Рисунок 2.1.3 - Ликвидация «тело и головы затора» за сооружением, снимка 13 января 2023 года

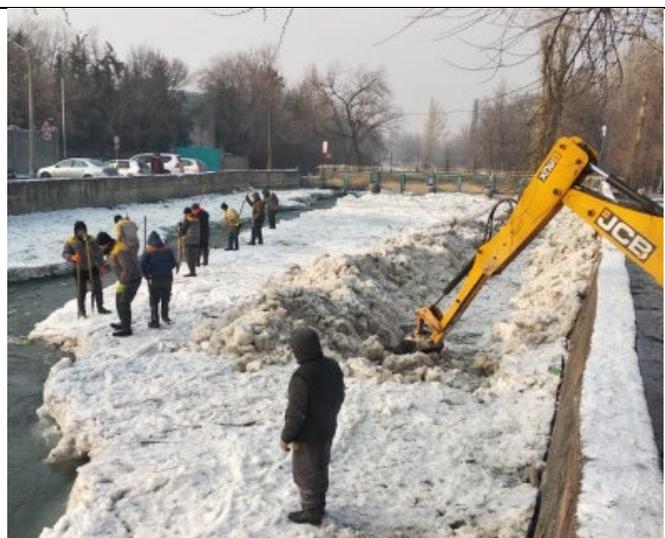


Рисунок 2.1.4 - Вид на отвода воды из-под зажорного покрова льда на участке до сооружения, снимка 13 января 2023 года

вывозом зажоры на объёмном кузове с погрузкой техникой. На рисунке 2.1.4 видны результаты ручного труда многих работающих людей, ими были

пробиты ручья по зажорные покровы, чтобы обеспечить физико-механическую свойству текучести на зажорные воды в бассейне, где видны как накопились покрыва из зазора с притоком сверху по русло реки Ала-Арча, где до ликвидации «голова и тела затора» за сооружение, здесь был сформирован бассейн без отводящей воды ручья через сооружения. Как видны на рисунке 2.1.4, только через вскрытой одной пороги водораспределительного сооружения отводится воды. Конструкция этого водораспределительного сооружения, по оценкам специалистов МЧС КР считались препятствием первой группы [2;12]. Здесь, каждый 5 лет в крепкой зиме были всегда заторы на порогах сооружения, о чем изложены выше, в п.1.1.

Из выше изложенного стало ясно, что объект и предмет исследования является процесс формирования заторов льда на реках. Целью представленные выше и далее приводимые рисунки являются наглядно качественным инструментом для познания в определении физико-механических свойства объект исследования, с определением его предмет исследования. Поэтому представленные и качественно выполненные рисунки позволит углублённому изложению методов разработки и анализ математических моделей, постановка и решение задачи с анализом их предметы исследования, с разработкой способов и устройств защиты от заторов льда. Таким образом, **предметом исследования** формирования заторов льда на реках, физико-механического свойства объекта исследования, согласно которому ими являются разработка математической модели природного явления формирования сферической шуги в русле реки и затем «голова и тела затора», состоящие из зазора, а также разработка методы и средства защиты от последствия заторов льда на участках реки Ала-Арча, с гидротехническим сооружением и мостами автомагистралей по г. Бишкек (см. рис. 2.1.1-2.1.4). Предметом исследования формирования заторов льда на реках, также являются режимы течения потока воды на реках, в нашем случае турбулентность и определённый отрицательный диапазон температур воздуха, и соответственно внутриводной температуры

переохлаждение воды, наличия снегопада при холодной температуре воздуха, при котором формируются шуга в воде, из которого состоит зажоры. Наличие зажора являются содержимыми материалами «головы затора», сформированные из зажора, с переростом в «тела затора» на участке за пределом водораспределительного сооружения в русле реки Ала-Арча, до водопада. В морозе наращиваясь зажоры с «головы затора» на «телом затора», закупоривают пороги сооружения, формируя заторы льда на реке Ала-Арча. Методы и устройства предотвращающие их формирования в русло реки Ала-Арча не были до появления ПАТЕНТ КР за номерами № 2141 в 2019 год и № 2250 в 2021 год. Только каждый раз, когда формируются зимой заторы льда на реках здесь применяются только метод ликвидации «головы и тела затора», путем очистки, с частичным вывозом из зоны затора. Таким образом определены предметы исследования формирования заторов льда на реках.

2.2. Физико-механические свойства зажорные закупорки на реках

Методы исследования объекта построены на материалах, из выше изученных множества обзорных литератур, на обзорах и анализах объектов исследований, изложенные выше в первой главе, п. 1.1, рисунками 1.1.1 – 1.1.15 и здесь на рисунках 2.1.1 - 2.1.4. Далее, методы исследования объекта сопровождались визуальным, натуральным просмотром по месту событий с анализом, геометрических и физических состояний и формы русло реки, для наглядности, в описаниях предоставленный ниже рисунок 2.2.1, качественно наглядными видами элементов в русле реки и видом на дно, на поперечном и продольном изображениях состояний рельефа, в момент отсутствия потока воды, на том же участке, где на рисунке 2.1.4 показаны состояния в зимой, когда формировались шуги и зажоры и видны как отводять воды из подо – покрова зажорного накопления. Теперь, рисунок 2.2.1 представляет собою пейзаж местности, когда наступить зима, тут поток воды удараясь по не ровной дне

реки будут течь бурным турбулентным режимом течения потока движения, и в суровой зиме с внутри водных кристаллов льда и в большинстве от лепестков снега формируются шуга, из которых состоит загорные образования, где такими рельефами в русло реки, видом на наличия и устройства имеющих ступеньки с лунками, крупными камнями и булыжниками, острова с зарослями, очевидно представляются картины течения реки тут, воды текут бурным потоком, пена образованием с турбулентным режимом движения. Зимой, при таком режиме течения воды и при определенной температуре воздуха ($-2 \dots -10 \text{ }^{\circ}\text{C}$) и внутриводной ($-0,02 \dots -0,03 \text{ }^{\circ}\text{C}$), и при скорости течения воды больше чем $0,5 \text{ м/с}$, согласно источника [17, с. 11], формируются шуга и зажоры. Нарастиванием зажоры из шуги



Рисунок 2.2.1 - Вид на дно русла реки Ала-Арча, без воды, в май месяц 2023 года. Тут, когда зима, вода будет течь бурным турбулентным режимом

налипаясь на стойкам задвижки и быкам пешочного моста уменьшаются живое сечения порога сооружения снизу вверх по высоте сооружения, на столько, что поток воды будут проходит по поверхности загорного образования (ЗО)

перекрывшего порогов сооружения и далее в уменьшенном расходе стекая по уклону русла реки от сооружения текут в водопад по зажорной поверхности, на расстоянии 24 метр от сооружения, уменьшением толщины слоя воды начинает смерзать в лёд, формируя «головы затора». Путь, проходимый через пороги сооружения водой по поверхности зажорного льда до замерзания ее фронтальной части в водопаде, зависит от толщины слоя воды и ее температуры, а также теплообмена между водой, льдом и атмосферой. Движение этого слоя воды сопровождается замерзанием зажорного льда на ледяной поверхности, по которой течет вода, и образованием тонкого ледяного покрова на поверхности воды. Остановка движения слоя воды, в результате замерзания его фронтальной зоны в водопаде, приводит к дальнейшему увеличению «головы затора» продолжением «тела затора».

Увеличивается уровня воды в реке до сооружения и выходу за сооружением ее на вновь образованный ледяной покров и т.д. При этом образуется «слоённая голова и тела затора», состоящий из тонких прослоев воды и зажора. В результате за сооружением русло и, в значительной мере, до сооружения заполняются зажорными образованиями, которые крайне неустойчивы к воздействию внешних и внутренних сил. Так происходит закупорки сооружения, формируется бассейн, постоянным притоком воды.

Ниже представленный рисунок 2.2.2 также нужны для анализа с познанием состояний внутриводные образования зажорной массы, где предоставлены состояния русла реки Ала-Арча, в февраль месяц, 2023 года, когда воды в реке были отведены на накопления в верхних бассейнах, как май месяца, показанные на рисунке 2.2.1. Как видны на рисунке 2.2.2, где предоставлен для анализа объект исследования, с изучением состояний зажорной массы из шаровидной шуги после ликвидации затора, страшные на вид скелеты накопления внутриводные зажорные массы из шаровидной шуги, где таких накоплений зажора много по русле, и они были задержаны на островах. Так, как по берегам русло реки, сращиваясь смёрзанием

накопливаясь в непрочный лед во внутри воды при низкой температуре в воздухе ниже -8°C и внутри вод, и когда состоялся затор на сооружении, (см.рисунка 2.1.1) и тогда скорости потока на этих участках были ниже $0,5\text{ м/с}$, и ещё физическая подъёмная сила Архимеда была меньше, чем силы тяжести зажорного образования (ЗО) в воде, что большая часть объёма ЗО была выше уровень воды. Кроме того, что сила тяжести ЗО, умноженная на коэффициент трения ЗО по дно реки и по бортам, были больше, чем сила давления потоком воды на ЗО. Поэтому ЗО оставались не подвижными во внутрь потока воды.

Наблюдением на место заторе было установлено, что явлений фильтрации через зажорной массы не происходит, так как вода полностью заполняет все пространство без образования каких бы то ни были пустот.



Рисунок 2.2.2 - Вид на русла реки Ала-Арча, в февраль месяц, 2023 года

Анализируя по графикам состояний погоды по числам и временам за сутки и по температурам воздуха, наличием облачность со снегом или без, сможем получить информации для анализа и синтеза формирования шуги и зажора на реке Ала-Арча, сопоставляя с информацией из источников [39-47] и материалов наблюдений.

2.3. Методы исследования формирования «головы и тела затора» на реке Ала-Арча с анализом гидрометеорологических данных

Как известно, одним из методов углубленного познания объекта исследования является способ сравнения результатов измерений или наблюдений с фиксацией их состояний, например фото – киносъемкой, с записями событий с экспресс-анализом и с результатами теории и экспериментов, сведениями синоптики погоды и другие данные.

Постоянные наблюдения проводились с момента начала снегопада, с фиксацией даты, времени событий и сопровождалась фотосъемкой по месту в суровые зимние периоды и с водой и без водой в руслах реки Ала-Арча. Затопы на реке Аламедина нами не были обнаружены. Это явление объясняется натурным исследованием в черте г. Бишкек и установлены, что в действительности, русла реки Аламедина глубокие, дна узкие и вогнутые. Кроме нашего исследования об отсутствии затопы льда на реке Аламедине обстоятельно изложены и обоснованы обзором, изложенный в первой главе, в разделе 1.1. Только там, процесса формирования зазора на реках, в работах [2;12] изложены в редакции «водноледяных образований».

Для исследования с анализом сопоставлением режима изменения параметры погоды, записанные в нашем полевом журнале, с фотосъемкой, и нами полученные по интернету гидрометеорологическими суточными данными по синоптике [39-46] за каждый морозный день с 09 по 16 января 2023 года.

Анализируя графика на рисунке 2.3.1 от 9 января 2023 года находим изменения температуры воздуха, состояний небо и облаками за сутки, интервалом по 3 час. Вот, начиная от 00.00 час ночное время, температура



Рисунок 2.3.1 – Погода в г. Бишкеке на 9 января 2023 года

воздуха снижаясь от $+4^{\circ}\text{C}$ до $+1^{\circ}\text{C}$, до 09 часов утра, затем повышаясь до, к 15.00 часов дня, и затем температура снизилась до -1°C , к 24 часа ночи.

Здесь в русло реки Ала-Арча вода текла турбулентным режимом без шуги. Так как, рельефом дна реки здесь, как на рисунке 2.3.1. где поток воды были турбулентными. Небо было в облаках и до утра падал снег.

Однако, следующий день 10 января, согласно графика, на рисунке 2.3.2, начиная с 00,00 час ночное время, мороз в воздухе температурой -1°C , и почти монотонно снижался до -8°C , в 24.00 час время. Как видны на графике, небо оставалось покрытое облаками, до 03.00 час ночи, при температуре воздуха -1°C , шёл снег, затем с 06,00 часов утра, при морозе, так и были в воздухе от -4°C до -8°C пошёл обильный снег. При морозном воздухе лепестки снега падая на холодный поток воды с турбулентным режимом течения могут быть составить необходимого материала в воде для формирования шуги. Согласно работы [17] необходимым условием образования внутриводного льда или шуги является переохлаждение воды, т.е. переход температуры воды θ_{e} через 0°C ($\theta_{\text{e}} < 0^{\circ}\text{C}$), и наличие в воде ядер кристаллизации в виде кристаллов льда, взвешенных минеральных частиц и могут быть лепестки снега в данном переохлажденном воде. Внутриводный лёд может формироваться и в виде донного льда [17, с. 11]. так называемые «кристаллы льда в воде», о которых отмечены в работе источника [17, с. 11], и из которых

сформированы шаровидные шуги. Там в [17] отмечаются так: «...существует определённый диапазон температур воздуха, при котором формируются зажоры...», и далее «... при температуры воздуха ($-2 \dots -10 \text{ }^{\circ}\text{C}$) неизбежно формирования зажоры..». Есть ещё так: «Наиболее благоприятная для зажорообразования скорость течения воды $0,5 - 1,6 \text{ м/с}$. При скорости течения меньше $0,5 \text{ м/с}$, река замерзает без зажоров путём смыкания быстро расширяющихся заберегов. При очень большой скорости течения зажоров также не бывает, так как внутриводный лёд не может всплыть и сформировать скопления шуги» [17, с. 20]. Продолжим анализ дальнейших графиков. Анализ графика от 11 января на рисунке 2.3.3 показал, где, в этот день температура воздуха снижались постепенно, начиная от -8°C , в 00,00 час время до -17°C в 24.00 часов время. Небо в облаках и падал снег. Очевидно, в такой интервал температуры воздуха, лепестки снега от мороза подадут сухими в воды.



Рисунок 2.3.2 – Погода в г. Бишкеке на 10 января 2023 года

Лепестки снега, падающие в поток воды, турбулентным движением могут быть становиться сырьём для шуги в холодной воде. Ибо интервалы температуры воздуха $-8^{\circ}\text{C} - 14^{\circ}\text{C}$ подходят условиям, когда происходит интенсивные формирования шуги, со снегом.

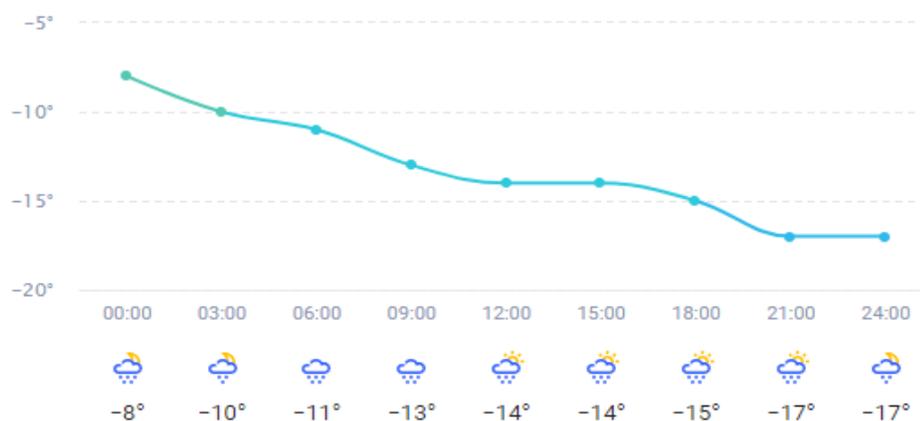


Рисунок 2.3.3 – Погода в г. Бишкеке на 11 января 2023 года

снегопадом, как на рисунках 2.3.1 и 2.3.2, согласно данными синоптики по графикам, где турбулентным потоком текут вода в русло реки, представленое на рисунке 2.3.1 с не ровным рельефом дна реки. Согласно материалам натурного анализа и обзора по материалам МЧС КР в пункте 1.1, с множествам рисунки 1.1.1 – 1.1.15 где, главным затороопасным участкам русла реки Ала-Арча являются пороги водораспределительного сооружения, состоящее из 8 одинаковых, поднятых на высоту 1,15 м, активной шириной 1,95 м задвижек и 5-метровой водопад, находящий от сооружения на 24 метр внизу.



Рисунок 2.3.4 – Погода в г. Бишкеке на 12 января 2023 года

С анализом графика на рисунке 2.3.4, от 12 января 2023 года узнаем, что начиная с 00.00 час ночи температура воздуха с морозом -17°C снизилась до -21°C со снегом к 09.00 часам утра. Затем снег прекратился падать,

температура воздуха повысилась до -15°C к 15 часам дня. На небо без облаков, в 12 часов дня солнца, ее солнечная радиация согревала воздух и зазоры на реке прямо поглощали лучами солнца, зазорные массы в русле реки размягчались, затем температура воздуха опять снизилась к 21 часам вечера до -19°C и стабилизировалась к 24 часам ночи. Таким образом, за двое суток натурным наблюдением в период 11–12 января в дневное время за движением потока воды с зазорами через водораспределительное сооружение видели процесс с характерным зимнему режиму погоды, не вызывающие сильные тревоги и не предвещало предстоящего затора. По руслу реки двигались накопленные шуги в виде зазора со скоростью около $0,7 \text{ м/с}$, проходя через водораспределительное сооружение на ул. Скрябина, и далее уходя вниз на сброс в водопад. В турбулентном течении потока воды внутриводные кристаллы, мы уверенно полагаем, большинство из материала кристаллизованного в холодном воздухе лепестков снега падающих в воды с турбулентным потоком течения. За целые сутки в 11 января при температуре воздуха от -8°C до -17°C и продолжавшегося до 06 часов утра 12 января, в турбулентным и холодным внутриводным потоком воды, продолжались формироваться шуги сферической формы. Как, видно на рисунке 2.3.4, где приведен график, не похожий на предыдущим, с резкими изменениями температуры воздуха в 12 января 2023 года. Вот, в ночь 00 часов мороз усилился с -17°C от 11 января до -21°C и при таком морозе в г. Бишкек, продолжением от предыдущего дня шёл сухой снег до 09 часов утра. Появилась смоченная в воде снегура, вместе с шугой сформировался густой смерзшийся зазор, который уходил на сброс. Когда снег перестал падать, в 09.00 часов 12 января небо очистилось от облаков, лучи солнца согревали воздух и за весь солнечный день до 18.00 часов дня произошло повышение температуры до -15°C (рисунок 2.3.4). Тогда, под действием солнечных лучей зазоры размягчаясь, приобрели подвижность вместе с водой.

Зигзагообразное изменение температуры воздуха, как видно на рисунке 2.3.4 сделали зажорной воды подвижными, они проходили через водораспределительное сооружение (далее, в тексте – гидросооружение) сплошным потоком по всей ширине русла реки Ала-Арча, и уходил за сооружением в водопад, не создавая зажорного затора на участке от гидросооружения до водопада, но при этом продолжая заполнять нижнюю часть русла реки зазорами. С наступлением ночи с 21.00 ч 12 января до 06.00 часов утра 13 января (см. рисунок 2.3.5), ночная температура воздуха понизилась и держалась на уровне $-20 \dots -21^{\circ}\text{C}$, и за это время, оказываются на участке от водораспределительного сооружения на русло реки Ала-Арча, успели сформироваться, исключительно из массы зазора, сначала “голова затора”, продолжая наращиваться начиная далеко за глубины водопада, постепенно наращиваясь поступившими зазорами вода в малой толщине в расходе, загустевшими со смерзанием стекая по поверхности и по ширину русла реки и подвигаясь вверх по уклону водопада. За водопадом в русле реки из массы зазора образовался уклонная скать, заполненной зажорной массой, далее наращиваясь в объеме и став неподвижной вниз, стала “головой затора”. Далее “голова затора” наращиваясь вверх по руслу реки, в сторону участка между водопадом и гидросооружением зажорные массы наслаиваясь продолжали переходить на “тела затора”. Зажоры из шуги перемещаясь наращиванием по участку вверх по руслу реки к сооружению, где уже лежала сформированная “тело затора” из зажорной массы, которое (тело) росло дальше наращиваясь поступающими зазорами смерзанием с водой по всему сечению русла. Зажоры, снега смоченные водой, смерзаясь, крепко закупоривают поток воды через сооружение. Вода с зажором может пройти только по верху “тело затора”, вытесняясь и растекаясь по поверхности накопления, а при низкой температуре воздуха еще и смерзаясь со зажором, формируя “слоистые пироги затора”.



Рисунок 2.3.5 – Погода в г. Бишкеке на 13 января 2023 года

всему сечению русла. Зажоры, снега смоченные водой, смерзаясь, крепко закупоривают поток воды через сооружение. Вода с зажором может пройти только по верху “тело затора”, вытесняясь и растекаясь по поверхности накопления, а при низкой температуре воздуха еще и смерзаясь со зажором, формируя “слоистые “пироги затора”. Слово “затор” берем в кавычки вместе со словами “голова” и “тело”, потому что это составные части затора, где он состоит из густой снежури и шуги. Так, как, вода в малом толщине по ширине русла в малом расходе, обтекая по поверхности холодного “тела затора” ускоренно смерзаясь с ними, переходили в слоистые заторные закупорку.

Ранним утром 13 января 2023 г. (Рисунок 2.1.1), так же как и в конце января 2018 г. (Рисунок 2.1.2) произошла полная зажорная закупорка потока воды через гидросооружение из-за перекрытия ширины всего сооружения хвостовым торцом “тела затора”, сформированного продолжающимся наращиванием “голова 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.

Ликвидированием с раннего утра 13 января 2023 года, прибывшими мощными экскаваторами в первую очередь были ликвидированы “тело” и верхняя часть “головы затора” за гидросооружением (рисунок 2.1.3). Далее были задействованы рабочие люди МП “Бишкекводхоз” и МЧС, которые, вскрывая зазорные покровы, открывали пути отвода воды из под зазорных потоков по руслу реки, как показаны на рисунке 2.1.4, пропуская через очищенное русло за сооружением на сброс в водопад.

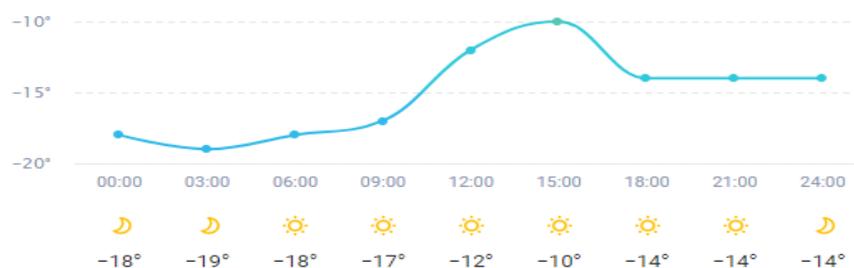


Рисунок 2.3.6 – Погода в г. Бишкеке на 14 января 2023 года

После ликвидации затора за гидросооружения процесс отвод потока воды преобрел ручейный характер потока, оставляя без движения накопленные на островах и по берегам русло реки Ала-Арча слоистые зазорные накопления представленные на рисунке 2.2.2, со страшном виде.



Рисунок 2.3.7 – Погода в г. Бишкеке на 15 января 2023 года

Графики по сноптикам на рисунках 2.3.6-2.3.8 представляют погоды после ликвидации зазорного затора на гидросооружение, с 14 по 16 января 2023 года,

что поток воды ухалили по всему руслу реки по сложному ручейному потоку, температура воздуха после 12.00 час 14 января ниже, чем -15°C не были.

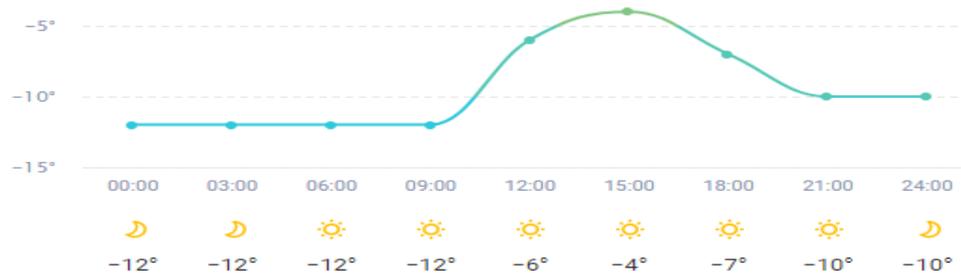


Рисунок 2.3.8 – Погода в г. Бишкеке на 16 января 2023 года

Небо после 12.00 час 12 января 2023 года было без облака, поэтому больше шуга не формировался. Например, низкая температура воздуха была 14 января в 03.00 час ночи и составила -19°C , как на рисунке 2.3.6, дальше ниже этой температуры в январь месяц не состоялся, о чем представленные информации в таблице 2.3.1, представленная на рисунке 2.3.9 аннулированы.

Верхняя отрицательная температура за 14 по 16 января достигла в 15.00 час днём составила -7°C , этот день был 16 января. Ночь температура воздуха в 15 января 2023 года состоял -17°C . В дальнейшем с этого дня понижения ночной температуры воздуха в январь 2023 года не становились. Уже 31 января 2023 года температура воздуха днём составила $+6^{\circ}\text{C}$, в ночь -2°C . Для сравнения с морозным днём январь месяц, 2018 года, в 31 января 2018 год, температура воздуха днём составила -2°C , а в ночь -11°C . Мороз в ночь 28 января 2018 году температура воздуха $-26,6^{\circ}\text{C}$, а абсолютные минимумы на 28 января 2018 года составили -32°C . Тогда и состоялись крупные заторы по многим участкам реки Ала-Арча, один из событий представлены на рисунке 2.1.2, о многих других событий представлены в приложении 5 из обзора.

Пояснения к графику на рисунке 2.3.10. Текущие минимальная, средняя, максимальная температура воздуха в Бишкеке представлены на графике сплошными линиями соответственно: синего цвета обозначен текущая минимальная значения температура воздуха в г. Бишкеке; зелёного – средняя значения температуры; красного – максимальная температура

воздуха. Абсолютные максимумы и минимумы для каждого дня обозначены жирными точками соответственно красного и синего цвета.

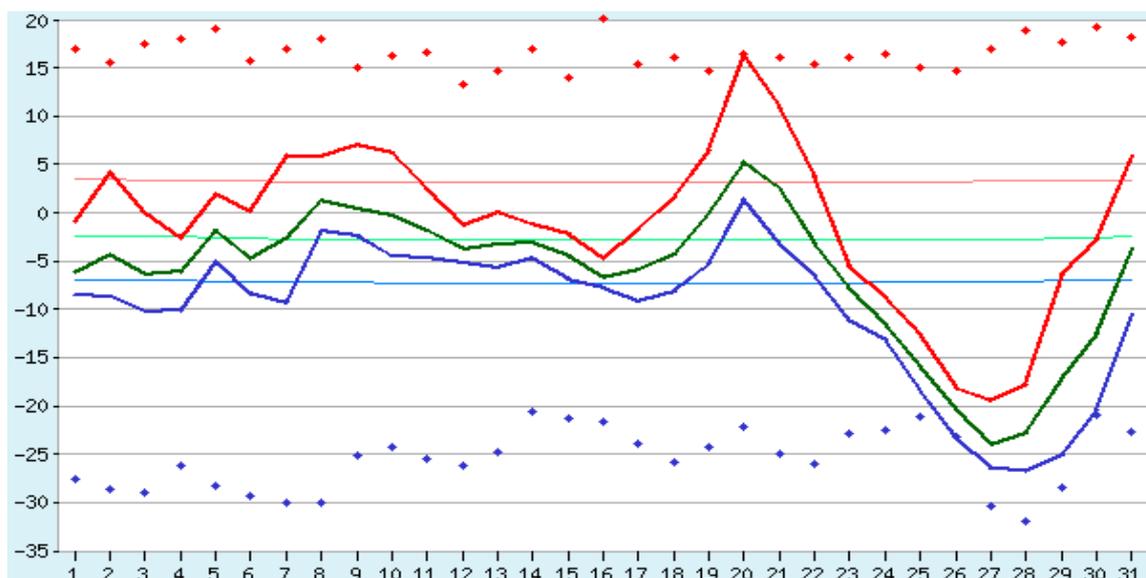


Рисунок 2.3.10 - Погода в г. Бишкеке на 28 января 2018 года. Информация о погоде получена с метеорологической станции Бишкек [47]

Согласно записям, в полевом журнале о зиме январь 2018 года, до формирования зажорного затора на гидросооружение на ул. Скрябина и на мосту автомагистрали на ул. Льва Толстого и ул. Э. Матыева снег на русле реки был обильный и покрытым зажорным льдом. Накануне формирования зажорного затора, до 28 января 2018 года погода три дня подряд была солнечная, о чём подтверждает таблица 2.3.2 синоптики, представленная на рисунке 2.3.11. От солнечной радиации зажорные покрыва размягчаясь имели подвижность и под действиями силы тяжести самих зажорных накоплений. Дно русла реки в зоне до моста были плоские и под действием сила Архимеда и свободные от берегового сцепления зажорные покрыва ползали во вниз к объектам затора, к быкам моста и там застирывались. Туда же вновь с потоком воды шуги, как зажорные массы и зажорные глыбы вытеснялись вверх наслоением и накапливались под мостом, о котором описаны выше. Там, где на районе моста на ул. Льва Толстого в 2018 году еще не были сооружены высокие каскадные ступеньки, почти без уклона (см. рисунок 2.3.12), поэтому

в январе 2023 года зажорные заторы под мостом, как на рисунке 2.1.2 не состоялись.

Таблица 2.3.2 - Погода в г. Бишкеке в январе 2018 года

Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс
1  -1° ночь -3°	2  -1° ночь -6°	3  -3° ночь -7°	4  -3° ночь -8°	5  -1° ночь -3°	6  -2° ночь -6°	7  +1° ночь -6°
8  +2° ночь -2°	9  +2° ночь -2°	10  +1° ночь -3°	11  -3° ночь -1°	12  -4° ночь -7°	13  -1° ночь -4°	14  -2° ночь -4°
15  -3° ночь -2°	16  -5° ночь -7°	17  -5° ночь -7°	18  -2° ночь -7°	19  +1° ночь -4°	20  +7° ночь 0°	21  +6° ночь +1°
22  +1° ночь -2°	23  -2° ночь -4°	24  -8° ночь -10°	25  -11° ночь -14°	26  -17° ночь -18°	27  -20° ночь -23°	28  -20° ночь -25°
29  -13° ночь -22°	30  -8° ночь -16°	31  -2° ночь -11°				

Рисунок 2.3.11 - Средние значения температуры воздуха в январе 2018 года в цифрах и наглядным представлением состояний погоды в тот день,

Зато тот 2018 году, дна русла реки здесь были плоские с уклонами, и от лучей солнце происходили нагревание зажорные накопления и они размягчась сползали над водой по руслу реки вниз к мосту на ул. Льва Толстого и от наплыва зажорные покровы над водой происходили представленные на рисунке 2.3.2 зажорные заторы. Уже в 2023 году январе там не были заторы так, как, скорость потоки воды на участках русла реки со ступенками дна почти без уклона до водопада был до 0,5 м/с, в морозные дни, с температурой воздуха ниже -8°C ... -10°C будут [17, с. 11] из накопления шуги формируются

покрова зажорного льда со крепкими связями с берегов, а вода под покровом находила ручья и стекала в водопад, как на рисунках 2.3.12, далее вода опять ушла под льдом, где дна русла реки, вогнутые и узкие. До 28 января 2018 года на этом участке были зажорные наплывы к мосту (см. рисунке 2.1.2) и был мощный зажорный затор.



Рисунок 2.3.12 - Снимка от 14 января 2023 года, видом вверх, на русло реки ступенькой, и вода после водопада текут из-подо-льдом, опять уходит под лёд

2.4. Методика исследования математическим моделированием процессов формирования заторов льда на реках

Одним из надежных методов в исследованиях за опасными природными явлениями является методы наблюдения и математическая моделирования за процессами и при анализе их находится решения задачи защиты от формирования зажорного затора на реках.

Визуальным наблюдением проведённые исследования во время ликвидации зажорные заторы, в виде «головы и тела затора» за гидросооружением, с применением мощные техники с утра 13 января 2023 года был установлен, что, среди ликвидированной заторной массы не были обнаружены льда в твёрдом и прочном состоянии, габаритным линейными размерами. «Голова и тела затора» состояли исключительно из белого, матового и редко из грязно-глиняного цвета уплотнённые слоистые, как

пирог, корки, на вид из явно шаровидного и легко разрушаемого в сыпучих в шуга и небольших и непрочных куски комки. Таким образом, исследованием установлено, что на русле реки Ала-Арча заторы в зиме 2023 году состояли из зажорного накопления, из шаровидной шуги, последние сформированные в основном из кристаллизованного в лёд ещё холодным воздухом лепестки снега, падающие в холодную воду, с турбулентным потоком движения в русле реки Ала-Арча.

Затор - это скопление льда в русле, ограничивающее течение реки или загромождение живого сечения реки льдинами. Зажоры – это большое скопление шуги у гидросооружения, мостов или в русле реки. Зажоры вызывают значительный подъем воды в реке. Затор состоит из крупных и мелких льдин. Образование затора из зажора на реки Ала-Арча несмотря на то, что она некрупная река, происходит именно в середине зимнего периода, когда обильным выпадением снега происходит формирования шуга. Так, как из шуги с накоплением формируются зажоры.



Рисунка 2.4.1 - Пешеходный мост с гидросооружением на реке Ала-Арча, тот, что и на рисунке 2.1.1, но уже очищенного от зажора

На рисунках 2.4.1 и 2.4.2 события после 28 января 2018 года, где лёдьяные наплыви заполненный бассейн до гидросооружения, по русло реки Ала-Арча. Здесь на рисунке 2.4.1, состояние моста только после 28 января 2018 года, где справа очищенный участок от «головы и тела затора» и вода уходит вниз в

водопаду, а слева сооружения видны наплывы шуги и ледяного покрова, тех же, что на рисунке 2.4.2 слева видны через металлоконструкции сооружения частично видны ледяные наплывы, которые на вес фронт показанные на рисунке 2.4.2. Такие ледяные наплывы могут появиться, при морозе с температурой воздуха со средним значением в ночи -25°C , как по таблице 2.3.2, где на рисунке 2.3.11- средние значения температуры воздуха в январе 2018 года, и при скорости потока воды меньше 0,5 м/с. Эти ледяные наплывы перемещаясь над водой на ступенках падая и торощаясь, как видны на рисунке 2.3.2 измельчаются на куски, остановились на сооружение. С визуальным осмотром этих куски льда установлены неоднородность их структурных состав, где более 70% состоит из смерзшихся из шаровидой шуги и сежного образования и остальные прозрачно кристалльного льда. Следует отметить, что могут быть, когда зажорные покрова будут смочены водой, только в зоне русла реки до гидросооружения, а за этим гидросооружением очищены от «головы и тела затора», как на рисунке 2.4.1, участок видом слева, и тем более, при ночном морозе воздуха, согласно графика на рисунке 2.3.1.



Рисунок 2.4.2 - Приплывшие разращением зажорные покрова после 28 январь 2018 года формирования и льда, в бассейн до гидросооружения на

В ночь выше указанной дате, при температуре воздуха -32°C морозе и были образованы эти зажорные покрыва и ледяные корки значится, что абсолютные минимумы температуры воздуха в ночь 28 января 2018 году составила -32°C холода (см. табл. 2.3.2, на рисунке 2.3.11) [47]. Мороз в январе 2018 год был суровый, чем январь 2023 года. Те годы на русло реки Ала-Арча со скоростью потока воды до 0,5 м/с были сформированы покрыва льда и зажорные корки. Как представлена на рисунке 2.4.1 видны, что уже с левой стороны пешечного моста, который вместе с гидросооружением очищены с применением мощной техникой от «голова и тела затора». Затор на этих реках появляется после выпадения обильного снега и приходом мороза, а затем при повышении температуры в атмосфере, что характерно для климата КР, и хорошо покрытый снегом лёд начинает обильно таять. Одновременно по берегам происходит интенсивное таяние ледяного покрыва и ледяные корки освобождаются от сцепления с береговой линией плывут вниз по воды, при заторе на гидросооружение, находящие в бассейне, получая солнечную радиацию днём 28-29 января 2018 год, размягчавшись, и уже после очистки затора льда за сооружением, получив движения по воды, приплыли и заострялись на конструкцию гидросооружения, а русловая вода трудом пробив туннель под накоплениями корки уходила на слив в водопад. В результате наблюдений за процессом заторообразования, установлены, что причинами движения покрыва льда по руслу реки на малых реках являются наличия уклона, плоская геометрическая форма дна в поперечном сечении русла реки и повышение температуры в атмосфере, днём солнечных лучей и радиацией.

С методом визуализацией процесса исследования наблюдением на реках Ала-Арча и Аламедин в опубликованной работе [87; 91] представлены результаты исследований за 2013 -2023 годы, на участках пересечении автомагистрали по ул. Льва Толстого и реки Ала-Арча и участке вдоль этой

реки, по ул. А. Малдыбаева. В самом деле наблюдением установлены, что, там, где дно реки в поперечном сечении ровное, без углублений или без вогнутости, в меженные периоды, при дневной солнечной погоде, от солнечных лучей, даже температуре в атмосфере отрицательная, и до -12°C , после снегопада, вода вместе с талой поднимает слой корки зажорного или ледяного покрова вместе снегом под действием силы Архимеда и корка движется, сползая вниз, и на имеющемся ступеньках разламываются на куски как на рисунке 2.4.2, образуя ледоход и шугоход. Если наоборот, дно реки в поперечном сечении не ровное, с углублениями или вогнутости вниз, тогда вода подо покровом льда текут шурша. Такая картинка толкает на мысль, а что, если подобно как на рисунке 2.4.1, там, где затороопасном участке для малых рек, Ала-Арча, предусмотреть сквозную через мост и сооружения, по середине русла реки, ниже дно реки вырыт канал, с вложением во внутрь которого уложить или залит ж/б лоток, для долговечности, с живым сечением, с расчётом больше чем для расхода потока воды в меженного периода года, которым является зима. Поэтому, два патента, выданные КЫРГЫЗПАТЕНТом на изобретения за номерами KG 2141 2019 год [84], и KG 2250, 2021 год [88], обеспечивают защиту малых рек как, Ала-Арча от формирования заторов льда на них. Сущность этих изобретений заключаются путём активного отвода меженных и талых вод из-подо льда по ж/б желобам, вложенные в вырытые по середине русла реки канал, исключив движения покрова льда, которые задержится на насыпах из материала вынутые из канала гравиях, уложенные на дне реки трамбовкой, под острым углом до берега реки.

Установлена основой формирования зажорной массы являются накопления шуги из лепестков снега в воде с турбулентным режимом движения потоки в русле реки Ала-Арча, как показала наблюдения за снегопадом у реки и исследованием графиков погоды по г. Бишкек синоптики [39-47], на рисунках 2.3.1-2.3.10 и таблиц 2.3.1 и 2.3.2 на рисунках 2.3.9 и 2.3.11. Так как, поток воды в русле реки Ала-Арча является идеальной

жидкостью, и реально сплошной средой. Падения снега при морозе воздухе в холодную внутриводным температурой около 0°C . Математическая модель формирования шаровидной шуги могут быть разработаны в условиях физического процесса протекающего течения потока воды в русле реки, с наличием ступеней с лунками на дне, камней и других неровностей в продольном и поперечном сечениях русла реки, как представленный на рисунке 2.3.1, для оценки физического состояния русла реки сперво воображаемого, затем визуального и слухового, со журчанием потока воды под покровом льда моделирования действительность и очевидность формирования течения бурным режимом турбулентного потока движения воды, с такими рельефами дна реки, как на рисунке 2.2.1 текут вода, тогда обеспечится турбулентный режим движения потока воды и соответствующему внутриводному температурному режиму, согласно [17, с. 11], тогда как гидродинамическая задача, опирается на систему дифференциальных уравнений движения потока воды по Эйлера в развёрнутом виде [50, с. (58)]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_x}{\partial z} &= X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x}; \\ \frac{\partial v_y}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_y}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_y}{\partial z} &= Y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y}; \\ \frac{\partial v_z}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_z}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_z}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} &= Z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z}. \end{aligned} \quad (2.4.1)$$

Здесь система состоит из трёх 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 задаётся пространственное поле скоростей, занятое движущейся жидкостью. Для того, чтобы определить параметры $p; v_x; v_y; v_z$, необходимо четвёртое уравнение. Этим уравнением является дифференциальное уравнение неразрывности потока жидкости, полученное после ряда преобразований, с учётами, что

сумма изменений проекций скоростей в направлении соответствующих координатных осей равна нулю, то есть:

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0. \quad (2.4.2)$$

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

$$v_1 S_1 = v_2 S_2 = v S = Q = const. \quad (2.4.3)$$

Далее, из уравнения (2.4.3) следует

$$v_1 : S_1 = v_2 : S_2 = v : S, \quad (2.4.4)$$

где в установившемся потоке жидкости средние скорости движения обратно пропорциональны площадям соответствующих живых сечений. При необходимости, зная значения параметров живых сечений и скоростей потока воды, учитывая турбулентность движения потока воды, можно определит расход и мощность потока с помощью метода Эйлера.

После решения задачи математическое моделирование формирования шаровидной шуги, в третьей главе данной работы, из которых состоит зажоры на русло реки, продолжают исследования формирования «головы и тела затора» с математическим моделированием получения их уравнений в зависимость от потери напора в русло реки, 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, реально на данном участке реки, решается сопоставив получаемое уравнение потери напоры в данном участке реки с известным уравнением Бернулли для элементарной струи реальной жидкости, из доступного нам источников об его уравнений.

Обоснованы методы математического моделирования процессов формирования зажоров и заторов льда на реках. Далее, являющего одним из вида метода математического моделирования наблюдением, на основании которого разработаны геометрические модели процессов формирования зажоров и заторов льда на реке Ала-Арча и защиты реки от них. Геометрический метод позволяет понять физический процесс формирования заторов льда с зажорами на малых реках наблюдением, путём воспроизводя графически [87], разрабатываются гидротехнического сооружения [89], исключая образование заторов льда с зажорами на реках. Это достигается путём активного отвода меженных и талых вод из-под льда, исключив движение покрова льда или зажорной массы по руслу реки.

2.7. Выводы по главе

В данной главе отражены методы исследования явления заторы льда на реке Ала-Арча с определением их предметы исследования.

1. Необходимо отметить о том, что наличия самой реки в городе Бишкек в зимний период года являлась доступный полигон для проведения исследования с предметами объекта исследований в виде явления формирования шуги из кристаллов лепестки снега в морозном воздухе, подающие в воду с турбулентным потоком течения по русле реки, формирования зажорные массы из накопления шуги, из которых в холодные ночное время формируется «голова и тела затора» за гидросооружением (рисунок 2.1.1) или «голова затора» за мостом автомагистрали (рисунок 2.1.2), в итоге происходит заторы закупоркой зажорными материалами из шуги.

2. Достоверным методом исследования формирования шуги, «голова и тела затора» на реке Ала-Арча послужил метод с анализа состояний предметов исследований наблюдением и фото фиксацией, со словесными записями в полевой журнал и сопровождением последующего анализа со сравнением параметрами на графиках, полученные из интернета суточные показатели синоптики из Бишкекской гидрометеорологической станции, где за

конкретную дату, представлены по три часа интервалами время за каждые сутки, со соответствующими цифрами температуры воздуха и для визуальной наглядности нарисованными состоянием облака со снегопадом или без, на каждые даты сведениями в виде графики и таблицы. По данному методу в первые удалось установить явлению формированию шуги, где их основными материалами составит в холодном воздухе кристаллы из лепестков снега в турбулентном потоке воды и технологию процесса формирования “головы и тела затора” на участке русла реки Ала-Арча с гидротехническим сооружением.

Для определения направлению разработки математических моделей формирования шуги и “головы и тела затора” опирались на учения по механика жидкости и труды основоположников гидравлики и гидродинамики, учения по физике и высшей математике, теоретической механике, пособий по математическое моделирование явлений и систем разработки различных авторов учёных многих Российских университетов.

3. Среди множества методов исследования заторов льда на реках, проведения натурных исследований с наблюдением, и считается один из надежный метод в исследованиях подобных явлений. Наблюдая с анализом за процессами формирования шуги, зажорные массы, состоянием льда и зажорного покрова находящиеся без движения, и где под ними текут вода, и ручей журчат и находили зажорного покрова, и находящиеся в движения с разрушением их покрова на куски падая со ступеньки в русле реки, переходом в льдоход и шугоход, в последствиях формирования ими заторы на реках., находим способы защиты реки от затора льда или зажорные закупорки гидросооружений и мостов автомагистралей в г. Бишкек, и решений на разработку гидротехнического сооружения защиты от затора, предотвращающем формирования заторов льда на реке Ала-Арча, путем отвода воды из под зажорного покрова и льда, с обеспечением их не подвижности.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В основе проведенных литературных, натурально обзорным исследованием с анализом и изучением методы и методология исследования объекта и его предметы установили, что обзорных главным условием формирования заторы льда на реках в суровый зимний период являются режимы течения воды в русле, наличие препятствий на пути движения шугасодержащего потока, наличия обильного и длительного снегопада, короткосрочного потепления воздуха с дневной солнечной радиации, и на конец ночный атмосферный мороз ниже -18°C .

3.1. Экспериментальное исследование режимов течения речной воды в русле, на местах формирования заторов льда

Так как, предметом исследования формирования заторов льда на реках, также являются режимы течения потока воды на реках, в нашем случае в основном турбулентность потока речной воды. Проводить эксперименты зимний период на макете не предусматривались, из-за охраны труда и техники безопасности. Проводились эксперименты в зимний период года определением диапазоны температур воздуха, скорости потока воды зажорными материалами (шуги, снежур, льдинами) и без них, наблюдением и сопровождением фото и киносъемкой на реке Ала-Арча и соответственно для фиксации органоэлектрическим методом – окунанием кисты руки ладони в воды вскрытым льдом на реке Ала-Арча, для физиологической фиксации внутриводной температуры переохлажденной воды. Постоянно сопровождалась запись в полевой журнал наличия и продолжительность снегопада при холодной температуре воздуха, полагая вокруг подающих кристаллов снега в холодном турбулентном режиме течения воды, смёрзаясь вода с снежным кристаллом формируются шуга в воде. Далее из множество которых состоит зажоры. Наличие зажора конкретно являются содержимыми материалами «голова затора», сформированные из шуги в зажоры с

переростом в “тела затора” на участке за пределом водораспределительного сооружения в русле реки Ала-Арча, до водопада, где происходит закупорки зажором все 8 единицы пороги выше названного сооружения. Литературным обзором был установлен, до предложенного метода и устройства предотвращающие формирования затора на реках [88, 89] нет. Каждый раз, когда формируются зимой заторы льда на реках здесь применяются только метод ликвидации головы и тела затора”, путем механизированной очистки, с частичным вывозом из зоны материала закупорки (рис. 2.1.1; 2.1.3 и 2.1.4) и в ручным вскрытием рабочими зажорного покрова для отвода воды из под них через сооружения на водопад по русло реки. Таким образом, для визуального уточнения турбулентность потока речной воды на русле реки Ала-Арча, способного формирования в соответствующие условия в зимой шуги, а также для исследования воздействия потока воды на волнистым поверхностям уложенных уплотнением трамбованных насыпей по берегам из материала гравий, вырытого канала с вложенными по его дне ж/б желоба, согласно описания защитного гидротехнического сооружения [88 и 91], предотвращающегося формирования заторов льда на реках был проведены рядь натуральных экспериментальных исследований на специально разработанном и изготовленном экспериментальном макете, где конструкции, принципы работы были опубликованы в работе [90].

Макет экспериментальный для мобильность и удобстве в транспортировке до места проведения эксперимента, он изготовлен состоящими из двух одинаковых частей, соединяемый встык, общей длиной 5 метр, как на рисунке 3.1.1, и вложенные погружением в руслу реки Ала-Арча, удерживаемые близко по середину потоку воды и натянутыми по берегам веревками, как на рисунке 3.1.2, с выбором позиции погружения до начала эксперимента.



Рисунок 3.1.1 – Стыковка конструкций из двух частей экспериментального макета прямо на берегу реки Ала-Арча, длиной 5 м

Для достижения достоверности экспериментального исследования визуализацией турбулентность режима течения потока речной воды на русле реки Ала-Арча, макет снабжен индикатором для визуального наблюдения за режимами течения потока воды в реках. В качестве индикатора визуальность режимов течения потока воды в реках, в первые применен в эксперименте 100 %-ная хлопковая плетеная фабричная лента, шириной 2 см, как представлены на рисунке 3.1.3, заимствованной с опубликованной работе [92, рис. 4], которая всегда имеется в продаже. До эксперимента было установлено, что ленты из хлопка хорошо смачиваются в воде и тогда плотность смоченной в воде такие хлопковые ленты приравниваются к плотностью воды в русло реки, т. е. $\rho_{\text{воды}} = \rho_{\text{лента}}$. Так, как этого явления подтверждает экспериментом, представленный на рисунке 3.1.4, и опубликованной в работе [90, рис. 5], где кусок хлопковая лента, длиной около 90 см, погруженная в стеклянном 3-х литровом банке воде находилась



Рисунок 3.1.2. – Пробная погружения экспериментального макета натянутый по берегам реки веревками, с поиском участка различными режимами течения потока речной воды

на плаву. Проведенные эксперименты, представленны эпизодом на рисунке 3.1.5, сопровождались изменением расхода потока воды по желобу макета и фото – киносъемкой, выполняемые двум персональом, которые находились стоя, на специально предусмотренные съемные деревянные доски, уложенные по концам и поперек на бортовые стенки макета. Индикатор из ленты, длиной по 4,5 метр представляет собою параллельно и надежно закрепленные по концам, интервалом по 5 см на деревянную рейку, обтекаемой формой в поперечном сечении. Сама рейка с лентами закрепляется поперек на торцу макета, на заранее определенную глубину потока воды, до уровень красных брусьев, закрепленные под углом и параллельными на полки макета, считающими берегами канавки, они же дно макета, где на натуральном гидротехническом сооружении считается «дно реки с насыпами», что надо исследовать, на которых воздействуют ли поток воды при полноводья на реке Ала-Арча. Поэтому макет здесь был полностью погруен в потоке воды на реке.



Рисунок 3.1.3 -Разноцветная плетеная лента - тесьма в елочку, из 100% хлопка, шириной 2 см



Рисунок 3.1.4 - Лента из 100 % хлопка, находится в стоячей воде на плаву, значить $\rho_{\text{воды}} = \rho_{\text{лента}}$



1



5



2



6

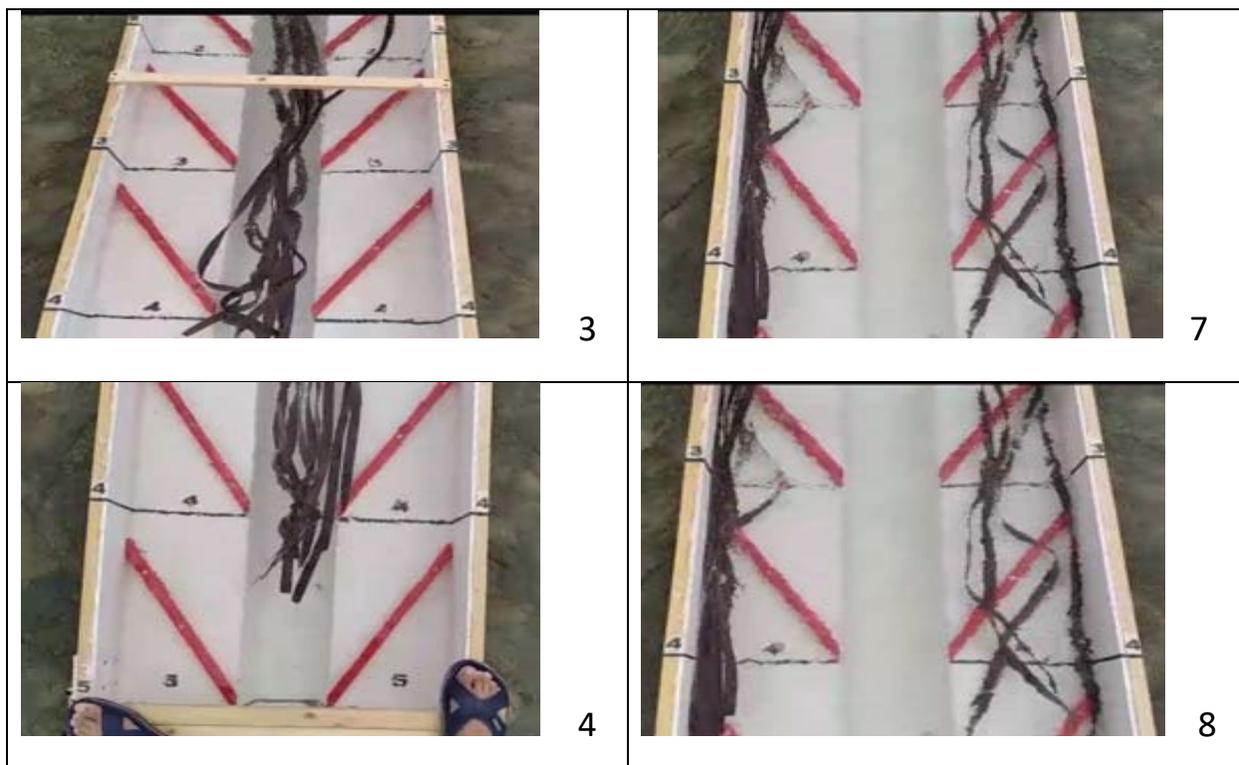


Рисунок 3.1.5 - Вид расположения индикаторов при двух режимах течения потока воды на экспериментальном макете на реке Ала-Арча в г. Бишкеке, выше моста по ул. Льва Толстого и до ул. Матыева, весной, в теплой речной воде

Регулировку расхода потока воды через макета осуществлялись прикрытием торца канавки: частично; полный и без перекрытия. Погруженный в реку макет всегда были полными водой. Ленты находясь на плаву по руслу макета были погружены и не выплывали ни раз на поверхность воды в макета и создавая различные картины режима течения вместе водой движением по горизонтальной плоскости проекции, на установленном уровне по глубине. На всех режимах индикаторные ленты были на плаву в воде, поверх брусьев (красные), не упираясь в них, закрепленных в качестве, как макета насыпей.

Результаты эксперимента на макета гидротехнического сооружения показали, что струя потока воды по дну утрамбованных насыпей, лежащих на дне реки и по берегам канала на натуральном гидротехническом сооружении на местах в русле реки, на упор не давит, а течет поверху насыпи (бруся). Так как в впадинах волнистой поверхности на дне реки будут заполнены

водой и там скорость потока воды меньше, чем верхнего слоя и тем более поток воды в падинах между насыпями направлены под углом в желобу.

Эксперимент наглядно показывает о слоистом потоке воды в реке. Во время эксперимента в натуре на реке Ала-Арча видны, когда закрыт торец желоба лопаткой (см. рисунок 3.1.5, слева), и все красные брусья макета оголились и ленты не упирались на брусья, и они собирались по середине потока, на глубине наблюдения по желобу уровня, куда были установлена быстросъемная поперечная рейка с обтекаемым сечением, к которому были закреплены с одной концы все ленты. Состояния в потоке ленты на плаву имитировали близко ламинарного режима течения воды, и видны как поверхностный слой потока воды в речке стремятся к центру потока, потому что скорость течения по центру здесь больше, чем по краям потока.

Для изменения движения потока воды через макета сооружения, этот же форма потока при убранной лопатке (см. рисунок 3.1.5, справа), под влиянием обильного потока воды как по середине канавки, как на реки по желобам, ленты разсыпаясь отклонялись от центра и прижимались к стенкам берега. И здесь также ни одна из лент не упиралась на красные брусья, а все ленты находились поверх брусьев. Движения ленты в потоке воды в макете на бок, прижимаясь к стенкам берега макета указывает турбулентного режима течения воды, с направлением движения по горизонтальной плоскости проекций по *хоу*. Исследования без макета сооружения движения ленты на реке в потоке также показали турбулентность течения воды.

Таким образом исследовались влияние донного течения речной воды на состояние волнистой поверхности утрамбованной насыпи, целенаправленные уложенные из речных грунтовых материалов, которые были выкопаны из середине дна реки. Предложенный метод исследования режимов течения потока воды с применением индикатора наблюдений показали, что поток воды по дну реки на упор не давит, а течет по верху насыпей и по

поверхности заполненных вод в впадинах волнистых поверхностей на дне реки. Таким образом, экспериментальный макет может служить в качестве одной из методов в основы теории физического моделирования гидравлических явлений и приемлен как физической модели в русле реки для исследования режимов течения по глубинам слоев потока воды. Плотность смоченных лент оказывается в потоке воды становяться очень близкой воды, в случае, если лишь они состоят из 100 %-ного хлопка. Индикатором могут служить не только ленты, но и нитки из 100 % хлопка. Лентовый индикатор могут находить применения для исследования глубоководных рек смонтированными на конце специальной стержня, как материальная модель могут имет место в действительности (в натуре) с целью изучения явлений гидравлики, гидромеханических, включая и гидродинамических процессов, с применением физического и математического моделирования, опираясь на учение о размерности физических величин, основанной **теория подобия**.

3.2. Исследование процесса зажорные закупорки на водораспределительном сооружение в русле реки Ала-Арча

Результаты собственного исследования построены на материалах литературного обзора изложенного во первой главе и методы исследования изложенные во второй главе, определены основные методы работ: по математическому моделированию физических процессов формирования шаровидной шуги на реке Ала-Арча в период суровой зимы, ибо в основном из которых состоит материалы зажора; исследование формирования заторы льда на водораспределительном сооружении в русло реки Ала-Арча, зажорной закупоркой сооружений, описанные в п.п. 2.2 и 2.3 и под мостом автомагистрали, как объекты исследований, где они предоставлены на рисунках 2.1.1-2.1.4, определением предметы исследований, которыми были разработка математической модели физического процесса формирования шуги и «головы и тела затора» на участке реки от порога сооружения до

границы водопада, которые состоит из зажорной массы и формируют заторы на реках, зарождением работ поиска пути защиты от затора. Так, наблюдением каждый раз в период суровой зимы как, из материала зажорной массы “тело затора”, являясь продолжением “головы затора”, смерзанием с водой в длительное суточное холодное время, наращиваясь и переместившись по руслу реки вверх, доходя до порогов (их на сооружение 8 единицы) сооружения, закупоривают их со своим хвостовым телом из материала зазора на всю ширину сооружения (см. рисунок 2.1.1), и являясь как заторы льда из зазора, в последствии создавая бассейн с притоком, без выходом воды из его. Установлено наблюдением, что заторы льда на порогах сооружений, что в основном состоять из зазора. Это подтвердились исследованием состава материалы заторов льда, закупорившиеся движения потока зажорной воды за ночь 12 до утра 13 января 2023 года, на участке между водораспределительным сооружением и водопадом в русле реки Ала-Арча. Действительно установлено отсутствия лёд в крупном размере в составе очистного материала натурным осмотром, что с утра 13 января, во время процесса ликвидации затора за сооружением мощными техниками при очистки участку русла реки Ала-Арча зажорной “головы и тела затора” (см. рисунок 2.1.3). Это подтверждает о том, что тут в составе заторного материала не были обнаружены твердого и монолитного льда как мелького, так и крупного размера, что зажорыные закупорки на сооружения состоит из материала шуги. Как видны, на рисунке 2.1.4, после очистки от закупорки сооружения и мобилизацией людей обеспечена освобождения пути отвода ручья воды из-под покрова зажорного льда из бассейна, сформированного после закупорки сооружения. За сооружением русло реки были слоистые уплотненные, но, легко раздробляемые в рыхлые и в сыпучую сухую шаровидные шуги. В тот момент осмотра, начиная с 09.30 часов утра, 13 января 2013 года где были температура воздуха по показанием термометра в

салоне легковой автомашины, для эксперимента при открытые двери машины, где показания были $T_{\text{воздуха}} = -18^{\circ}\text{C}$.

Повторные, экспериментально, материалные осмотры на месте участка очиски от затора, частично вывозом погрузкой в авто, для пробы были рассмотрены более 5 кусков зажорные блужники смёршего шаровидными шугами. Они при $T_{\text{воздуха}} = -18^{\circ}\text{C}$ подвергались разрушению легко сыпучими из легко раздробленного на куски мелкого зажорного куска. На участке за сооружением крупные куски льда не обнаружены и в основном они были в россыпе шуга, формировавшиеся при низкой температуре во внутриводном турбулентном потоке воды до затора, как обозначенные в работе [17, с.11]. Об этом подтверждаются гидрометеорологические данные из интернета [39-47], графики на рисунках рисунках 2.3.1 - 2.3.14, и в виде таблицы 2.3.1 и 2.3.2, нами получены по интернету гидрометеорологические информации о суточных данных за каждый морозный день с 9 по 16 января 2023 года и за январь месяца 2018 года. Представленные графики и таблицы из гидрометеорологической станции г. Бишкек являются в свое очередь уникальными математическими моделями в знаковом виде для подтверждения состояний погоды на конкретные даты в дни зимы, для сравнительного анализа состояний погоды по тем дням зимы, где зафиксированы фото снимками и записями в полевом журнале. На основании метода исследования формирования «головы и тела затора» на реке Ала-Арча с анализом гидрометеорологическими данными, установлены утверждения, о том, что, продуктами шуги в морозные дни, когда подал снег дни 10 и 11 января 2023 года, температура воздуха составляли $T_{\text{воздуха}} = (-2 \dots -17)^{\circ}\text{C}$ и снег продолжал падать до утра 06.00 времени 12 января. Эти данные в полне могут подтвердит, о том, что продуктами шуги

являются снежные, смёрщие в кристаллы в холодном воздухе и подающие в холодную, с течением в турбулентном режиме воду, материалы.

Для подтверждения этого явления были проведены ряд домашних экспериментов, о которых изложены в п.3.3.2.

3.3. Математическое моделирование формирования шаровидной шуги, составляющие основного материала зазора на русло реки Ала-Арча

Здесь рассматривается моделирование процесса формирования шаровидной шуги в турбулентным режимом движения потока воды в русле реки Ала-Арча зимой при низкой температуре воздуха, из которых состоит зазорных материалов, составляющие «головы затора» на участке, за пределом водораспределительного сооружения, начиная со дна водопада до порогов сооружения, перерастём на “тело затора”, в результате которых происходит закупорки потока воды на сооружения, как на рисунке 2.1.1, с использованием математических моделей в гидродинамике, опираясь учения Эйлера, Бернулли, Торричелли и других учений. Всю математическую операцию производили и производим на программе Math Type.

В поисках методы исследования формирования шаровидной шуги в потоке воды в русле реки Ала-Арча, во второй главе рассматривались наличия ступеней с лунками на дне, камней и других неровностей в продольном и поперечном сечениях, представлением их на рисунке 2.2.1, где движения поток воды текут турбулентным режимом течения. Тут на рисунке 3.3.1, представлен эскизная схема изображением ярко зелёным цветом окраской потока воды турбулентным режимом течения на участке до водораспределительного и регулирующего гидротехническом сооружения (далее по тексту – сооружение), на участке русла реки со ступенькой, как представлена на рисунке 2.2.1.

На рисунке 3.3.1 представлено само сооружение на русле реки Ала-Арча, со всеми имеющими граничными условиями, видом внизу по течению

имеющим водпадом, начальными параметрами от сооружение, на расстоянии $L = 24$ метр, высотой водопада от ось x-x, который параллельно оси потока

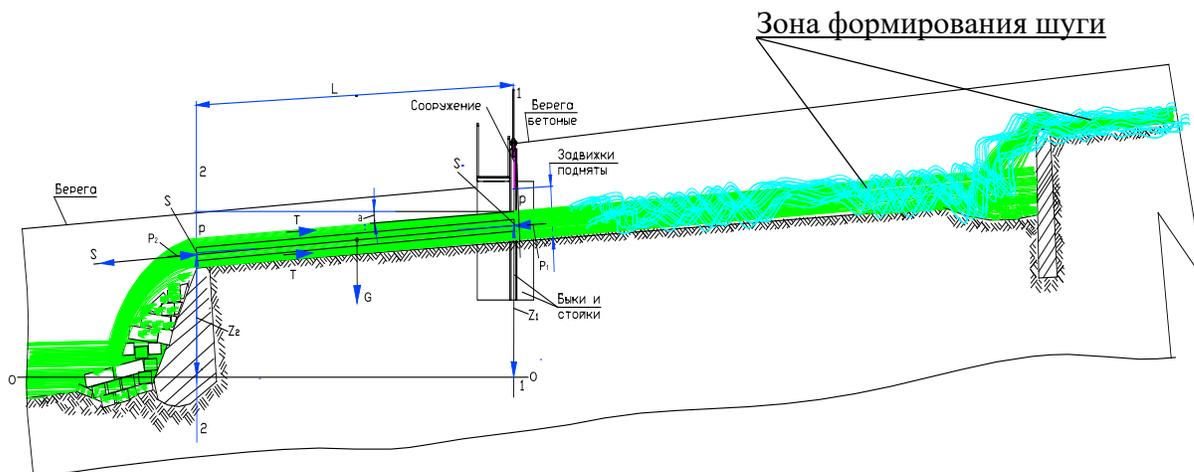


Рисунок 3.3.1 - Схема участка в продольном сечении по руслу реки Ала-Арча водораспределительным сооружением, снизу водопадом, видом выше сооружения бурным турбулентным потоком течения воды

жидкости, до плоскость сравнения 0-0, равную $z_2 = 5$ метр, от нанесенные геометрические элементы уровня сооружения и участка, и далее, видом вверх на бурным турбулентным режимом течения потоком воды от передней ступеньки в русле реки до сооружения, рассматриваемого как гидродинамическая задача, где вода является идеальной жидкостью, как сплошная среда, турбулентным режимом движения, в котором формируются шаровидные шуги, когда температура воздуха $T_{\text{воздуха}} = (-2 \dots -17)^\circ\text{C}$ и внутриводная температура ниже 0°C , или на равнинных реках $(-0,02 \dots -0,03)^\circ\text{C}$ и на горных реках $(-0,05 \dots -0,08)^\circ\text{C}$, по Бузина В. А. [17, с.11].

Поэтому выбираем хорошо изученная математическая модель, системы дифференциальных уравнений движения течения потока воды в русле реки.

Чтобы описать турбулентного движения течения воды, нужно задать поле скоростей, т.е. скорость потока в каждой точке пространства и каждый момент времени, в начале, на единичной плоскости $(k; j)$:

$$v_k = f_k(x_j, t), \quad (3.3.1)$$

где $x_j = x_j(t)$, или скорость в векторной форме $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$, аналогично, запишем ускорение по формуле $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$. Задаём пространственное поле скоростей, занятое движущимся турбулентным потоком воды, придаём физический смысл введением угловой скорости ω_{xyz} и углового ускорения \mathcal{E}_{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.

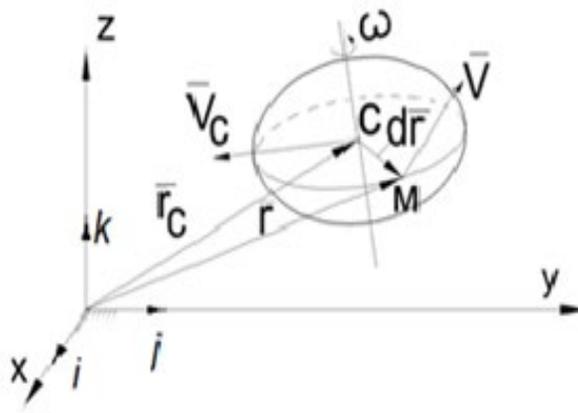
Из теоретической механики известно, что вращательная скорость в пространстве выделенного объёма с центром вращения в точке C каждой материальной точки (кристалл из мёрзлые в холодном воздухе и подающие массовом количестве в холодную воду лепестка снега и другие кристалл льда в воде), имея центр масс и ось вращения с угловой скоростью ω , лежит в достаточно малой окрестности $d\vec{r}$ от центра масс, точкой C (см. рисунок

Рисунок 3.3.2 – Материальная точка M с центром вращения масс в точке C

3.3.2). Тогда вектор скорости \vec{v} (на рис. 3.3.2: $\vec{v} \equiv \vec{V}$; $\vec{v}_c \equiv \vec{V}_c$) 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:

$$\vec{v} = \vec{v}_c + \frac{\partial \vec{v}}{\partial r} \cdot d\vec{r}, \quad (3.3.2)$$

где $d\vec{r} = \vec{r} - \vec{r}_c$, согласно рисунок 3.3.2.



Далее, последовательно добавив $\pm \frac{\partial v_k}{\partial x_j}$ преобразуем выражение (3.3.2)

В проекциях на плоскости проекции (\bar{j}, \bar{k}) : $v_j = v_{cj} + \frac{\partial v_j}{\partial x_k} \cdot dx_k$. (3.3.3)

$$\begin{aligned}
 v_j &= v_{cj} + \frac{\partial v_j}{\partial x_k} \cdot dx_k = v_{cj} + 2 \cdot \frac{1}{2} \frac{\partial v_j}{\partial x_k} \cdot dx_k = v_{cj} + \left(\frac{1}{2} \frac{\partial v_j}{\partial x_k} + \frac{1}{2} \frac{\partial v_j}{\partial x_k} \right) \cdot dx_k = \\
 &= v_{cj} + \frac{1}{2} \left(\left(\frac{\partial v_j}{\partial x_k} - \frac{\partial v_k}{\partial x_j} \right) + \left(\frac{\partial v_j}{\partial x_k} + \frac{\partial v_k}{\partial x_j} \right) \right) \cdot dx_k = \\
 &= v_{cj} + \frac{1}{2} \left(\left(\frac{\partial v_j}{\partial x_k} - \frac{\partial v_k}{\partial x_j} \right) \cdot dx_k + \left(\frac{\partial v_j}{\partial x_k} + \frac{\partial v_k}{\partial x_j} \right) \cdot dx_k \right) \quad (3.3.3)
 \end{aligned}$$

Суммарное выражения (3.3.3) упрощается, если обозначить через ω_{jk} и ε_{jk} :

$$\omega_{jk} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\partial v_j}{\partial x_k} - \frac{\partial v_k}{\partial x_j} \right); \quad (3.3.4)$$

$$\varepsilon_{jk} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\partial v_j}{\partial x_k} + \frac{\partial v_k}{\partial x_j} \right); \quad (3.3.5)$$

$$v_j^\omega = \omega_{jk} \cdot dx_k; \quad (3.3.6)$$

$$v_j^\varepsilon = \varepsilon_{jk} \cdot dx_k, \quad (3.3.7)$$

Тогда сложная выражение (3.3.3) примет упрощенный вид: $v_j = v_{cj} + v_j^\omega + v_j^\varepsilon$.

Физический смысл введённых математических обозначений (3.3.4) и (3.3.5) величин ω_{jk} и ε_{jk} : являются тензорами турбулентного движения шуги в

внутриводном пространстве с вращательной скоростью ω_{jk} . Математическое выражение (3.3.4) называется тензором вихря.

Из курса теоретической механики [78] известные и применяемые в руководстве в решения поставленной задачи методом математического моделирования, как математические модели, что когда единичные векторы $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ направлены по осям декартовой системы координат, вихрь вектора скорости (вращательная скорость кристалла льда для шуги, вокруг своего центра масс) определяется выражением

$$\vec{v} = \text{rot} \vec{r} = \begin{bmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \omega_x & \omega_y & \omega_z \\ dx & dy & dz \end{bmatrix} = \vec{i} \cdot (\omega_y \cdot dz - \omega_z \cdot dy) + \vec{j} \cdot (\omega_z \cdot dx - \omega_x \cdot dz) + \vec{k} \cdot (\omega_x \cdot dy - \omega_y \cdot dx). \quad (3.3.8)$$

Формулы (3.3.8) для проекций вектора скорости в декартовой системе

$$\text{координат: } v_x = \omega_y \cdot dz - \omega_z \cdot dy; \quad v_y = \omega_z \cdot dx - \omega_x \cdot dz; \quad v_z = \omega_x \cdot dy - \omega_y \cdot dx. \quad (3.3.9)$$

Определим вектор окружной скорости элементов сплошной среды в турбулентном режиме течения потока воды, известной из курса теоретической механики, по главе «Основы кинематики сплошной среды» [78], являясь как известная математическая модель, где запишутся в следующем виде

$$\vec{\omega} = \text{rot} \vec{v} = (\Delta \cdot \vec{v}) = \begin{bmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ v_x & v_y & v_z \end{bmatrix} = \left(\frac{\partial v_z}{\partial y} - \frac{\partial v_y}{\partial z} \right) \cdot \vec{i} + \left(\frac{\partial v_x}{\partial z} - \frac{\partial v_z}{\partial x} \right) \cdot \vec{j} + \left(\frac{\partial v_y}{\partial x} - \frac{\partial v_x}{\partial y} \right) \cdot \vec{k}. \quad (3.3.10)$$

и есть математической моделью формирования шаровидных льдин - шуги, при температуре внутриводного потока, по данным исследований Бузина В.А. [17, с.11], где приводится: на равнинных реках ($-0,02... - 0,03^\circ\text{C}$) и на горных реках ($-0,05... - 0,08^\circ\text{C}$).

Данный вектора (3.3.10) называют вихрь вектора угловой скорости, по существу, он совпадает с вектором угловой скорости материальной точки в пространстве потока в турбулентным режимом движения холодной воды, где

из кристаллов льдинок формируются шаровые шуги, при условии внутриводной температуре, где река Ала-Арча в черте города, как на равнинных участках местности равные [17, с.11]

$$T_{\text{воды}} = \theta_{\text{воды}} = -0,02...-0,03^{\circ}\text{C} < 0^{\circ}\text{C}, \quad (3.3.11)$$

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

Здесь $\text{rot}\vec{v}$ - вихрь вектора скорости, а ∇ символический оператор Гамильтона, который выражает в следующем виде [78]:

$$\nabla = \vec{i} \frac{\partial}{\partial x} + \vec{j} \frac{\partial}{\partial y} + \vec{k} \frac{\partial}{\partial z}; \quad (3.3.12)$$

Тогда угловые скорости движения материальной точки – движения шуги в проекциях на каждые оси системы координат определяются:

$$\omega_x = \frac{\partial v_z}{\partial y} - \frac{\partial v_y}{\partial z}; \quad \omega_y = \frac{\partial v_x}{\partial z} - \frac{\partial v_z}{\partial x}; \quad \omega_z = \frac{\partial v_y}{\partial x} - \frac{\partial v_x}{\partial y}; \quad (3.3.13)$$

И так, основное условие формирования материала шуга: турбулентном режиме течения очевидно вихрь вектора угловой потока воды, описываемые математическими выражениями (3.3.10; 3.3.13), и при этом, обязательное условие, когда соблюдается внутриводная температура, математически записанная выше (3.3.11). Такая температура внутри воды могут составить, когда температура воздуха над рекой Ала-Арча будут в пределах $T_{\text{воздуха}} = (-2... -11)^{\circ}\text{C}$. Именно такая температура воздуха состояла 10 - 11 января 2023 года (см. рисунки 2.3.1; 2.3.2) и происходила активное формирование шуги, накоплением ими формируются зазоры в потоке воды. В этот период 2023 года, согласно [45, 46], падал стабильный снег, включая 12 января [43-47]. От снегопада в морозные дни в реку холодной внутриводной температуре с турбулентным режимом течения воды могут получиться кристаллы в холодной внутри воды, где и смерзаясь к нему воды могут формироваться шуги, из которых далее формируются зазоры. Получена

математическая модель формирования шуги, в виде вихрь вектора скорости в кинематики сплошной среде как (3.3.12 или 3.3.13).

3.4. Математические моделирования формирования “головы” и “тела” затора на участке русла реки Ала-Арча

Во второй главе работы разработаны методы исследования и установлены затороопасные участки русла реки Ала-Арча, из которых главный является водораспределительное сооружение, состоящее из 8 одинаковых порогов, шириной по 1,95 м, поднимаемыми на высоту 1,15 м, перекрывающие задвижек и 5-метровой водопад, находящийся на расстоянии до 24 метр от сооружения. Здесь, в холодный ночь 12 января и ранним утром 13 января 2023 года уже произошла полная зажорная закупорка потока воды через гидросооружение из-за перекрытия ширины всего сооружения хвостовым торцом “тела” затора, сформированного продолжающимся наращиванием “головы” затора из зажорного поступления за сооружением и из нараста шугой на элементах сооружений. Это события закупоркой с зажорным формированием, процессом формирования “головы” и “тела” затора были изложены обстоятельно во второй главе данной работы. Где были исследованы явлению процесса формирования затора льда, 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 сформированные в виде «головы и тела затора» из зажорной массы, что вследствие постоянного притока воды сверху по руслу р. Ала-Арча, уровень воды зажорными содержимым в бассейне поднялись и местами переливались через высокие ж/б береговые стены русла (см. рисунки 2.1.4; 2.2.1), произошли переливы потоком тратуары в доль берега начиная с моста автомагистрала по ул. Ахунбаева вниз и далее ниже сооружения и через заслонки сооружения с пешеходным мостом, а также

затопы правого берега с арычными системами и пешеходными дорожками. 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 в виде выражения потери напора потока воды от трения в русле реки трем начальным условием течения воды: без шуги; с шуга содержащим потоком и конец закупоркой сооружения. В течение проведенные исследования с трем выше перечисленным начальным условиям движения от речного потока со содержимыми, сопровождалось с целью определения зависимости величины потери напора h_{1-2} по сечениям 1-1 и 2-2 потока на указанном участке от величины сил трения в потоке и по поверхностям живого сечения. На рисунке 3.4.1 представлен эскизная схема геометрической ситуации состояний по условным осевым сечением русла реки сооружением, с видом на реку с запада на восток, с первым начальным условием исследования, строго в пропорции в масштабе, выполненные на программе AutoCAD, в режиме 2D, в дальнейшем переводе на программу Word. **Первое начальное условие** исследований рассмотрено при температуре воздуха до -2°C над рекой, т.е. при отсутствия шуги в потоке воды на участке исследований, на основании закона движения потока речной воды. Участком проведения исследований является реки Ала-Арча с наличием водораспределительным и регулирующим гидротехническим сооружением.

Это начальное условие приемлемо и поясняется на основании составленной эскизной схемы места расположения исследуемого участка (рисунок 3.4.1), на котором представлен продольный профиль (зеленый цвет) потока воды. , как ось сравнения 0-0, высотой водопада от ось x-x, который параллельно оси потока жидкости, до плоскость сравнения 0-0, равную $z_2 = 5$ метр, от нанесены геометрические элементы уровня сооружения и участка.

Согласно **первое начальное условие** для исследования, 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 (см. рисунок 3.4.1) обладает силой тяжести G , равной:

$$G = S \cdot L \cdot \gamma, \quad (3.4.1)$$

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

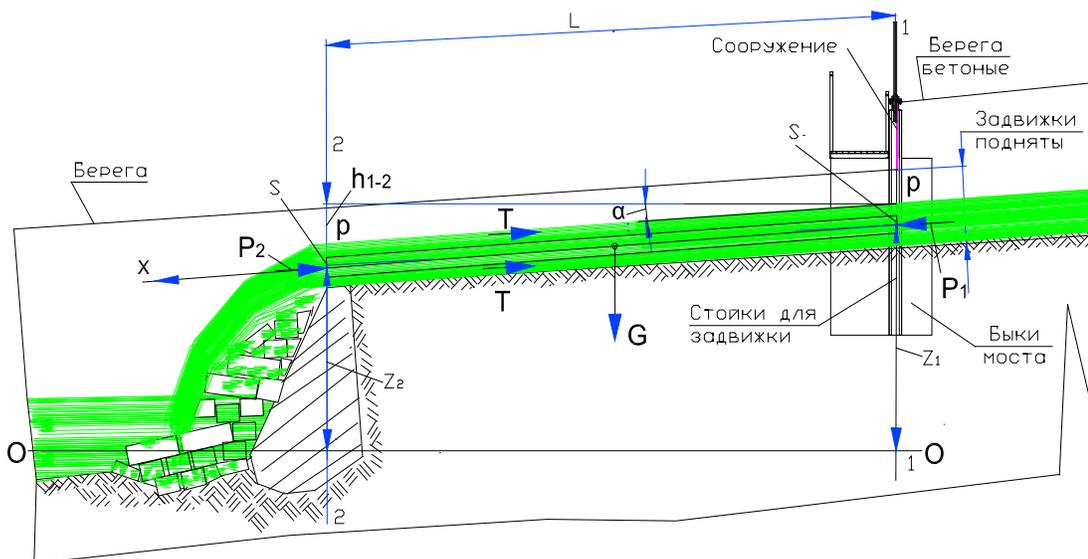


Рисунок 3.4.1 - Схема участка в продольном сечении по руслу реки Ала-Арча для исследований с первым начальным условием, (температуре воздуха до -2°C над рекой)

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 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 (см. рисунок 3.4.1), определяется по формуле:

$$T = \tau \cdot \chi \cdot L, \quad (3.4.2)$$

где χ – смоченный периметр живого сечения в русле реки на рассматриваемом участке реки, при его длине L .

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

$$P_1 - P_2 + G \cdot \sin \alpha - T = 0, \text{ или подставляя значение каждой составляющей:} \\ p_1 S - p_2 S + S \cdot L \cdot \gamma \cdot \sin \alpha - \tau \cdot \chi \cdot L = 0 \quad (3.4.3)$$

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 (3.4.3) на произведению $\gamma \cdot S$ получим:

$$\frac{p_1}{\gamma} - \frac{p_2}{\gamma} + (z_1 - z_2) - \frac{\tau}{\gamma} \cdot \frac{1}{R} = 0 \text{ или, группируя по сечениям 1-1 и 2-2 потока,} \\ \text{получим равенство:} \quad z_1 + \frac{p_1}{\gamma} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\tau}{\gamma} \cdot \frac{1}{R}. \quad (3.4.4)$$

Полученное равенство (3.4.4) представляет собою уравнению Бернулли для потока реальной воды в русло реки Ала-Арча, при установившемся движении, происходящем под действием одной силой тяжести $G = S \cdot L \cdot \gamma$.

Сопоставив полученное уравнение (3.4.4) с известным уравнением Бернулли для элементарной струи реальной жидкости, из доступного нам учебника [86, формула (3.20), на с.102], переписав как там, где в этом источнике, и ей присвоив здесь очередной (3.4.5) номер:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_{1-2}, \quad (3.4.5)$$

применяем для решения нашей реальной задачи. Так как, при равномерном движении потока воды на данном участке $v_1 = v_2$, и тогда уравнение (3.4.5) упростится и примет вид:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + h_{1-2}. \quad (3.4.6)$$

Определение величины потерь напора при движении реальных жидкостей является одной из основных задач практической гидравлики.

Теперь, сравнивая уравнение (3.4.4) с уравнением (3.4.6), определим искомую величину потерь напора на участке русла реки Ала-Арча от порога его сооружения 1-1 до водопада 2-2, согласно рисунок 3.4.1, при первое начальное условие исследований, 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, на рисунке 3.4.1, представляющего геометрической модели явления на основе первое начальное условие исследований получим искомую величину – потерь напора на участке русла реки Ала-Арча,

$$h_{1-2} = \frac{\tau}{\gamma} \cdot \frac{L}{R}. \quad (3.4.7)$$

В уравнение Бернулли (3.4.6) член h_{1-2} учитывает потери напора на преодоление сопротивлений движению воды, вторым начальным условием исследований, т.е. с появлением шуги, при температуре воздуха выше -8°C над рекой, представленной на нижем рисунке, выполненной на программе AutoCAD, в режиме 2D, зазорным водным движением, до насупления затора.

Второе начальное условие исследования формирования “голова и тела затора”, в соответствии с температурой воздуха, в среднем -8°C над рекой, или при холодной температуре воздуха $-2^\circ\text{C} - 17^\circ\text{C}$, период реальном процессе появления шуги в русле реки, и появления заборов в воде, аналогично, на основании составленной эскизной схемы на рисунок 3.4.2, на том же места

расположения исследуемого участка, на котором представлен продольный профиль потока движения зажорной воды (зеленый цвет), поступаая в водопад, заполняя нижнюю часть русла зажорными материалами и поступающими с неба кристаллами снежной лепестки, в холодную воду по уклону и по поверхности лежащего “тело затора”, ограничивается периодом до закупорки водораспределительного сооружения зажорными заторами.

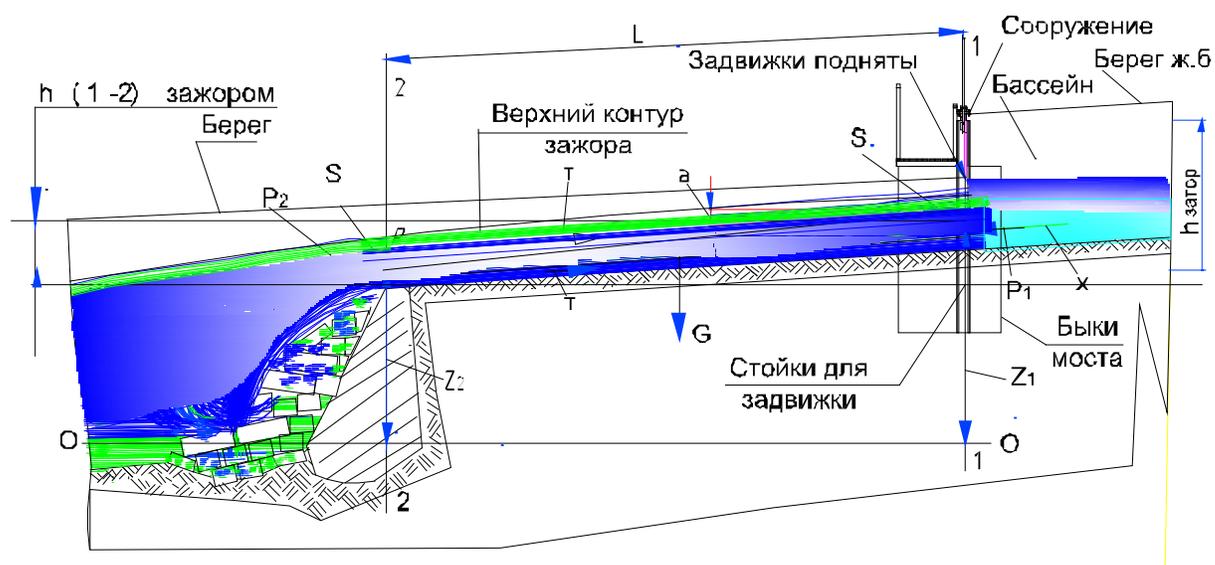


Рисунок 3.4.2 - Схема участка в продольном сечении по руслу реки Ала-Арча сооружением, второе начальное условие, (температуре воздуха выше -8°C над рекой)

Крошки от снегапада в холоде падая в холодную воду до водораспределительного сооружения, как на рисунке 3.4.1, турбулентным течением, являются продуктами формируемые шуги, далее из которых сформированы зажорные массы. Поступлением зажорный поток с водой и с подающимися к нему снежных лепестков, продолжавшегося снегапада до 06 часов утра 12 января, от них наращиваются “голова затора”, которая продвигаясь вверх продолжая наращиванием по руслу к сооружению, формируя уклона, как видны на рисунке 3.4.2 переходить в “тела затора”. “Тела затора” в форме зажорного уклона, продолжаясь наращиванием с притоком сверху вновь и вновь зажорной массой холодная вода текут по уклону и туда поступают с неба лепестков снега, где температура воздуха еще

не ниже -17°C и вода ещё не смерзает с лежащими «телами затора». Естественно, тут имеются трения в слоях $h_{(1-2)зажор}$, то есть имеются повышенные потерь напора $h_{1-2зажор}$ воды в потоках с зажорным слоем, что нанесены на рисунке 3.4.2, где течения зажорной воды окрашены в зеленый цвет, а “голова и тела затора” окрашены на синий цвет. Математическая модель формирования “головы и тела затора”, как во второе начальное условие в исследованиях, когда наступил зажорный период. Это соответствующему периоду потока воды с наличием шуги, по аналогии вывода формулы (3.4.7), определяется как потерь напора на преодоление сопротивления движения зажорной воды, проявляющегося по всей длине L потока, обусловленного большой силой трения частиц зажорной воды друг о друга и о дно и берега на данном участке, после наступления зимы. Тогда, совместно зажорным потоком наслоено текут слой струя воды, поэтому следует прибавить сопротивление, обусловленное препятствием в связи с наличием зажорного слоя потока и воды, потерь напора могут записаться с индексом *зажор*, то есть $h_{(1-2)зажор}$:

$$h_{(1-2)зажор} = \frac{\tau}{\gamma} \cdot \frac{L}{R} + \frac{\tau_{зажор}}{\gamma_{зажор}} \cdot \frac{L}{R_{зажор}} \quad (3.4.8)$$

Здесь $\tau_{зажор}$ – касательное напряжение вызывается большой силой сопротивления между зажорным слоем потока воды, на которому сильно оказывает влияния отрицательные температуры воздуха, и может равняться силу трения между трущимися поверхностями и приходящимися на единицу поверхности выделенного объема между сечениями 1-1 и 2-2 как на рисунке 3.4.2. Здесь возникает большая величина сопротивления на движению потока смеси вода и зажорной массы, при наличии холодного воздуха над рекой, приводящего к существенным снижением в величине скорости течения

зажорного потока и соответствующей им потери напора потока воды и зажорной воды проявляющегося по всей длине L потока, выражаемые (3.4.8).

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 закупорил пороги сооружения. Продолжались поток смесь вода и густая шуга (зажорная вода) через водораспределительное сооружение уходили вниз по уклону в водопад, как на рисунке 3.4.2. Выше изложенные описания физическим и рисунок 3.4.2 – геометрическим моделем. Тогда в соответствии с вторым начальным условиям исследований, потерь напора зажорной воды, из выражения (3.4.8) пере выразив, получим

$$h_{(1-2)\text{зажор}} = \frac{\tau}{\gamma} \cdot \frac{L}{R} + \frac{\tau_{\text{зажор}}}{\gamma_{\text{зажор}}} \cdot \frac{L}{R_{\text{зажор}}} = \left(\frac{\tau}{\rho} \cdot \frac{1}{R} + \frac{\tau_{\text{зажор}}}{\rho_{\text{зажор}}} \cdot \frac{1}{R_{\text{зажор}}} \right) \cdot \frac{L}{g} . \quad (3.4.9)$$

Уравнения (3.4.8) или (3.4.9), с учётом (3.4.7) 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, являются уравнением потерь напора зажорного потока смеси или называется математической модели формирования «голова и тела затора» на участке за водораспределительным сооружением в русле реки Ала-Арча в г. Бишкек.

Если считать формулы [86, формула (3.20), на с.102], определение величины потерь напора при движении реальных жидкостей и является одной из основных задач практической гидравлики, то формула (3.4.9) можно называть математической модели “голова и тела затора” на том же участке, где получена формула (3.4.8), потери напора на преодоление сопротивлений движению воды там, где как на рисунке 3.4.2.

Как видны на рисунке 3.4.2, здесь расход воды покрывая поверхности лежащего слоя зажора имеют малую толщину, пока текут до мороза -17°C . С

понижением температуры воздуха ниже -17°C , малая толщина слоя воды не достигая водопада могут смерзаться с «телом затора», образуя зажорные слои. Так наступает **третье начальное условие** исследования явлений формирования заторов из зажорного накопления на участке за сооружением в русле реки Ала-Арча, за ночь с 12 на утро 13 января 2023 года, как на рисунках 2.1.1 и 3.4.3. Из вросших слои смёрзших воды с «телом затора» могут формированы закупорка зажором на участке за сооружением. Как были видны при ликвидации техникой слоистые зажорные корки из шуги, были без единой куски льда, там во основном только зажорные корки, легко крушаемые в сыпучую шуги и снежные куски. Эта события закупорка сооружения произошла в холодный ночь с 12 на 13 января 2023 года, как представлена затор на рисунке 3.4.3, и до сооружения появился бассейн, с постоянным притоком, без выходом из него.

После наступление событие в указанное ночное длительное время происходила зажорная закупорка хвостовым торцом «телой затора» всех 8-ми порогов сооружения на реке Ала-Арча. Тогда уравнение затора на сооружение могут истекат из формулы (3.4.9), только без составляющего потери напора h_{1-2} , т.к. нет движения воды на участке через сооружеии. Здесь, заменив индексы параметров «зajor» на «затор», реально можно записать математическую модель затора, приравнивая первого слагаемого от модели

«головы и тела затора» (3.3.9) в нуль, т.е. $h_{1-2} = \frac{\tau}{\gamma} \cdot \frac{L}{R} = 0$, в итоге получим

$$h_{(1-2)\text{затор}} = \frac{\tau_{\text{затор}}}{\rho_{\text{затор}}} \cdot \frac{1}{R_{\text{затор}}} \cdot \frac{L}{g}. \quad (3.4.10)$$

Бассейн (с зажором, бледно синий цвет) с постоянным притоком воды (зеленный цвет, под зажором) на рисунке 3.4.3, без выходом из него, и начался переливы зажорные воды через береговые стенки, пока не ликвидировали закупорку мощными техниками, частичным вывозом, как на рисунке 2.1.1.

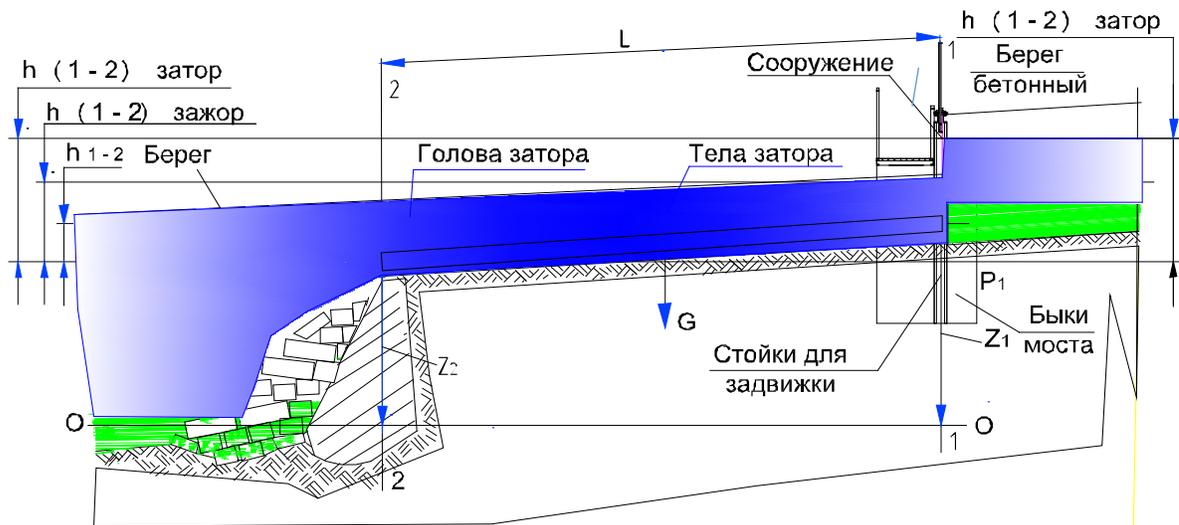


Рисунок 3.4.3 - Схема участка, что и на рисунке 3.4.2 и 2.1.1, в ситуации после затора с зажорным закупоркой сооружения, где до сооружение формирован бассейн, третье начальное условие, (температуре воздуха выше $(-17...-21)^{\circ}\text{C}$ над рекой)

Уравнение (3.4.10) полагаем, есть уравнение затора, закупоркой зажором, где на участке за сооружением отсутствуют движения потока воды за время затора или соответствует уравнению напора бассейна, как на рисунке 3.4.3, величиной $h_{(1-2)\text{затоп}}$ обозначены высота бассейна, которая является так же высотой напора от затора, накапливая потенциальную энергию бассейна, с накоплением воды повышется опасность перелива через берега, и что уже были переливы зажорными массами и течениями воды, затоливая тратуары в доль берега русла по ул. Малдыбаева.

Здесь, $\tau_{\text{зажор}}$ и $\tau_{\text{затоп}}$ как аргумент от выражения (3.4.9) и (3.4.10), измеряемое в H/m^2 , как касательное напряжение зажорного накопления уже в бассейне. Как видны на рисунке, в бассейне под зажорными покровами накапливается вода наращивая свою потенциальную энергию, выражаемые формулой

$$\mathcal{E} = m \cdot g \cdot h_{(1-2)\text{затоп}} \cdot \quad (3.4.11)$$

Если на выше приведенные рисунки 3.4.1, 3.4.2 и 3.4.3 уделить взгляды внимательно, то они представляют собою графики уравнений Бернулли всех

трех состояний реки на участке водраспределительным сооружением в русле реки описуемой по выражениями (3.4.7-3.4.10).

Например, на каждом рисунке представлены графические состояния уровней по отметкам $0 - 0$ и величин уровней потери напоров $h_{(1-2)}$, $h_{(1-2)зажор}$ и $h_{(1-2)затоп}$ потоков, уровень и состояний бассейна, с указанием уклонов русла, и формы потока воды в русле и на участке реки, и элементами сооружений. Чтобы этого не случилось были ликвидированы “тела и голова затора” спомощью мощных техникой. Такой способ ликвидации затора устарели.

3.4.1. Математические расчеты по заторных масс на участке

Если, считать расход через сооружение равную известному расходу в меженный период, что расхода воды в реке Ала-Арча, именно этот период зимы, известны и равны $Q_3 = 1,38 \text{ м}^3/\text{с}$ [2, Глава10, Бишкек; 12]. При скорости потока до $v = (0,8 - 1,0) \text{ м/с}$, тогда для анализа состояний пред затором, сооружений, подлежит к определению объёма зажорного накопления в зоне водопада, с натурными параметрами по месту исследованию. Измерением установлены, глубина водопада более $H = 5.0 \text{ м}$; Ширина русла по берегам $B=21 \text{ м}$; Расстояние от сооружение до водопада, по направлению потока воды в русле $L = 24.0 \text{ м}$.

При известном расходе потока воды $Q_3 = 1,38 \text{ м}^3/\text{с}$ на участке русла реки Ала-Арча с водопадом процесс тока реки зимой работали со снегом стабилный. Очевидно, формирования «голова и тела затора» начались с ночь 11 января при температуры воздуха -8°C , до 09.00 часов утра 12 января 2023 года, при морозе -21°C , что объёмы зажорные массы со снегопадом заполняли в сумме объёма «голова и тела затора», при известными геометрическими размерами участка реки (B – ширина; L - длина; H – высота водопада; и h – высота берега за сооружение до водопада):

$$\begin{aligned} V_{\text{голова}} + V_{\text{тела}} &= B_{\text{голова}} \cdot L_{\text{голова}} \cdot H_{\text{водопад}} + B_{\text{тела}} \cdot L_{\text{тела}} \cdot h_{\text{тела}} = \\ &= 25 \cdot 21 \cdot 5 + 20 \cdot 24 \cdot 1,5 = 2625 \text{ м}^3 + 720 \text{ м}^3 = 3345 \text{ м}^3 \end{aligned}$$

Однако затора с закупоркой на 11 января 2023 года до 24.00 часов ночи, согласно рисунок 2.3.3, при температура на воздухе была от -8°C до -17°C не была. Как, видны на рисунке 2.3.4, где приведён график, не похожий на предыдущим, с резкими изменениями температуры воздуха в 12 января 2023 года. Например, с ночь 00 часов времени мороз усилился с -17°C от 11 января и до -21°C к часас 09.00 утра 12 января. И тогда заканчивалось процесс формирования “голова и тела затора”, но еще не были обнаружены признаки затора. Однако, потепления воздуха 12 января 2023 года с -21°C до -15°C к 15.00 часам дня привела к оживлению зажорным образованиям по всему реку Ала-Арча, затора еще обнаружены не были. Однако, в дальнейшие понижения температуры воздуха в 24.00 ночь 12 января к -19°C морозу, далее понижения к -21°C в 09.00 утра 13 января 2023 года состоялся полная закупорка зажором сооружения. Уже шель процесс зачистки сформированных зажорных объёмов были ликвидированы в основном часть от “тела затора”, которые частично удалили вывозом из территории участка, за сооружением. При погрузке в объемного кузова автотранспорта, наблюдая за процессом погрузки, нами не были обнаружены льда, что подтверждается о там, что за сооружением были одни зажорные слоенные и сверху снежные материалы. Массы под снегом состояла из зажорной массы, которые из шаровидной шуги и снега.

Расход формирования заторной массы может быть определены исходя из накопленного объема на участке, делением на длительность формирования затора, которая могут быть определены хронометрированием по времени на участке, или учетом данными синоптики (снега, дожди, время суток). Ориентировочно, по данным синоптики, например: с ночь 11 января при температуры воздуха -8°C , до 09.00 часов утра 12 января 2023 года, т.е., с ночи 11 января до 09.00 утра, 12 января составит $t = 24+9 = 33$ часа, что средний расход составит $q = V/t = 3345 \cdot \text{м}^3 / 33 \text{час} = 101 / 113388 \cdot \text{м}^3 / \text{с} = 0,0295 \cdot \text{м}^3 / \text{с}$.

При таком расходе формирования затора меженим расходом воды по отношению этому больше порядке порядке $\kappa = Q_3 / q = 1,38 / 0,0293 = 47$ раз.

3.5. Решение задачи отвода воды затороформирующими примесями по гидротехническому сооружению (ГТС) для предотвращения формирования заторов льда на реках

В рамках проблемы защиты реки в суровые зимы от заторов льда разработано гидротехническое сооружение предотвращающее формирование заторов льда на реке Ала-Арча, и принципы ее работы описаны в работах [87 и 91]. Для познания и изучения, с обоснованием и определением основных конструктивных параметров, технологические свойства разработанного гидротехнического сооружения, рассмотрена как система. Устранения формирования заторов льда с зажорами на малых реках, достигается путем отвода движением потока талые, из-под льда воды, кусков льда, шуги и снежные зажоры, даже поступающие сверху из сорвавшего заторного накопления в созданный бассейн, по ж/б желобам, вложенными в ниже дна и по середине русло реки вырытый канал, сохранением целостностью и неподвижностью ледяных покровы, лежащие по берегам канала на волнистых параллельно уложенных под острым сходящим углом к осью канала и уплотненных поверхностей насыпов, из вынутого материала канала из середины дна реки. В работе [29] приведен обзор и анализ заторов льда на реках до 1970 года, а в работе [17] описана теория процессов формирования скоплений льдин на реках России, приведена методика наблюдений за зажорами и заторами, а также рассмотрены процессы замерзания шугоносных рек и образования на них заторов из зажорного накопления и из кусков льда, после разрушения их.

Изучение и натурные исследования формирования заторов льда с зажором на реках Ала-Арча в период 2012–2013 и 2017–2018 годы, зима в январе 2023 года которые фиксировались фото-видеосъемкой, позволили

установить, что заторов льда без зажоров на этой реке не бывает. На малых реках республики заторы льда формируются, как правило, после потепления атмосферы и от движения тонких покровов льда, покрытых снегом и слоем воды подо ними. В этих случаях боковые связи льда с береговыми стенками русла реки прерываются. Освобождённые и поднятые подо покровом воды, покровы двигаясь, при падениях через ступенки разламываются на куски. Здесь покров льда на указанном участке русла реки может быть погружен в воду или быть в поднятом состоянии под действием силы Архимеда, равной

$$F_A = \rho_v \cdot g \cdot V_{л, в Н.} \quad (3.5.1)$$

Здесь ρ_v – плотность воды; $V_{л}$ – объем части покрова льда, погруженного в воду в m^3 . Следует отметить, что плотность погруженного в воду покрова льда и снежных зажоров всегда меньше, чем воды, т.е., $\rho_{вода} > \rho_{зажор} > \rho_{лед}$.

Из-под покрова неподвижного льда вода истекает со скоростью:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}, \quad m/c, \quad (3.5.2)$$

– это уравнение Торричелли (1608–1647), ученика Галилео Галилея (1564–1642). При этом поднятый под действием силы Архимеда покров льда удерживается только лишь силами сцепления ее боковых краев с берегами русла реки или острова с зарослями, как на рисунках 2.2.1 и 2.2.2. Здесь силы сцепления $F_{сц.}$ между боковыми краями покрова льда и берегом русла реки больше, чем силы давления $p_{общ.}$ воды на заднюю (тыловая) поверхность S покрова льда, что составляет:

$$F_{сц.} > p_{общ.} S. \quad (3.5.3)$$

В результате исследования процессов формирования заторов льда с зажорами, а также использования натуральных, физических и визуальных методов моделирования на реке Ала-Арча был разработан новый способ и гидротехническое устройство для защиты от заторов льда на реках [91].

На рисунке 3.5.1 показан общий вид гидротехнического сооружения (далее – ГТС), для защиты автотранспортные мосты путем предотвращения формирования заторов льда и на других затороопасных руслах реках. На эскизе показаны две проекции: в осевом сечении по А-А (а), и вид сверху (б). Кроме того, в качестве геометрической модели для анализа работы ГТС, предоставлена ее схема (в), как (а), с указанием уровней и уклонов элементов сооружения. Сущность способа защиты от формирования заторов льда на реках заключается в транспортировании разломанного на куски падением покрова льда 2, с шугой и снежными зазорами через перегородку 4, которые поступают в бассейн 1 (рисунок 3.5.1, а). Далее, из бассейна 1, с воронкообразной емкостью, с заметным донным уклоном и боковыми откосами (рисунок 3.5.2, а), непрерывно отводится потоками воды на плаву куски покрова льда и шуга и зазоры с снежными глыбами, направляясь в последовательно вложенными встык в врытой в дно 5 ниже самой реки канал 6, ж/б желобам 7 (дно реки и верхние поверхности каждого борта желоба равны, и на одном уровне), и посередине русла в нижний бассейн 8, сохраняя целостность и неподвижность по берегам канала 6 и желоба 7 ледяные накопи 9 (см рис. 3.5.2.,б), со снегом 10, лежащие на волнистых. поверхностях 11 по берегам канала 6, с уплотнением параллельных насыпей 12, вынутых посередине русла из под канала 6 речных грунтовых материалов

Известно плотности льда и зазорные глыба всегда меньше чем воды:

$$\rho_{\text{льда}} \leq \rho_{\text{зазор}} \leq \rho_{\text{вода}} = \rho . \quad (3.5.4)$$

Натурным исследованием заторы льда на реке Ала-Арча, в черте г. Бишкека установлено формирование от движения покрова льда со снежным накоплением сверху, и наличия слоя воды под ними. Это зачастую происходит после морозных дней, после обильного снегопада, сопровождаемыми потеплением при температуре более +15 °С. При этом, под влияниями положительной температуры, ледяные связи между боковыми

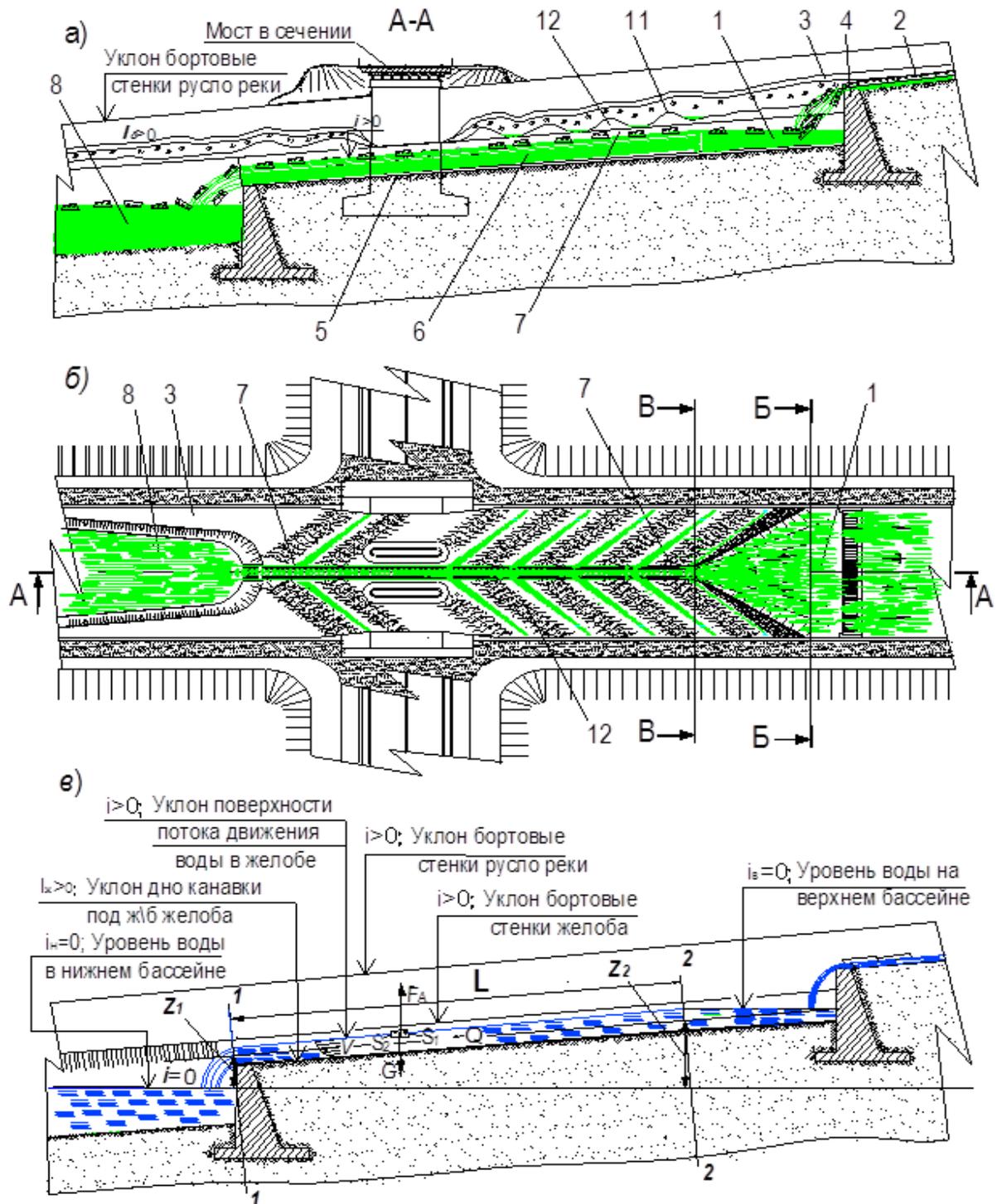


Рисунок 3.5.1- ГТС по мостом, предотвращающего формирования заторов льда на реках: зеленые и синие цветы в схеме представляют потоки воды; а) - геометрическая модель ГТС в продольном, по оси А-А разрезе реки; б)- вид сверху на сооружение; в) - схема сооружения, как на вид рисунок 1, а), с указанием уровней и уклонов элементов ГТС: 1 – бассейн верхний; 2 – покрова льда на верхней ступеньке русло реки; 3 – слой снега надо льдом; 4 – перегородка верхней ступеньки в русле реки; 5 – дно канала 6 по середине русло реки; 7 – ж/б желоба; 8 – бассейн нижний

стенками желоба 7 (рисунок 3.5.1, б); 14-вид на струю воды из-под зазорного льда, поступающую сбоку в желоб

краями покрова льда и берегами русла реки перерываются, и их силы сцепления пропадают, или $F_{сц.} = 0$. Тогда сдвигающая сила потока воды на лед составит:

$$F_{дв} = p_{общ.}(S_1 - S_2), \quad (3.5.5)$$

где $(S_1 - S_2)$ – разность площадей, перпендикулярных направлению потока воды. Освобожденные от силы сцепления с берегом русла реки и поднятые подъемной силой воды, покровы льда могут двигаться вместе с потоком воды под покровы льда. Потоки с индексами $в$ и $л$ – соответствующие обозначениям воды и льда, приходят в движение со скоростью v (м/с), и вместе будут обладать кинетической энергией:

$$E_k = (\rho_в V_в + \rho_л V_л) \cdot v^2 / 2. \quad (3.5.6)$$

Это выражение является математической моделью механической энергии движения водо-ледяного потока, из которых далее, при наличии препятствий в русле реки могут формироваться заторы льда с зазорами, образуя опасную потенциальную энергию с высоты $h = Z_2 - Z_1$, которую можно записать в виде:

$$E_n = (\rho_в V_в + \rho_л V_л) g h, \quad (3.5.7)$$

в сумме с огромными массами, которые, в случае их срыва переходят в опасную кинетическую энергию (б) заторного потока, переходя в селевой поток, и могут приносить значительные разрушения.

Для предотвращения формирования заторов на реках, предложен способ и устройство [84; 88] (Рисунок 3.5.1) для отвода воды посредством желоба 7, из бассейна 1 и из-под по берегам канала 6 боковыми льдами, по впадины между насыпей 12 поступают воды с боку в желоба 7, (рисунок 3.5.1, б) и (рисунок 3.5.2, б), обеспечивая неподвижность объема ледяные накопи 9. В

бассейн 1, лежащий в виде половины воронкообразной формы емкости, поступают сверху снежные зажоры и покрова льда 2 со снегом 3, поднятыми водой под них, далее, падая через ступеньки 4 разламываются на куски, удобные для транспортирования водотоком по ж/б желобе 7. При обильном движения зажорные массы преодолевая ступеньки 4 заполняя бассейна 1, останавливаются там и на поверхности неподвижные ледяные накопи 9, уже лежащие на волнистых поверхностях 11 и насыпей 12 по берегам канала 6, а воды уходят в желоба. Гидротехнического сооружения следует соорудит на участке где в суровые зимние периоды, как в 2012-2013 и 2017-2018 годы, и таких, как на реке Ала-Арча, с водораспределительным сооружением, где формирования затора льдом неизбежна.

Для определения основных параметров предложенного способа и устройства гидротехнического сооружения (ГТС) и моделей для исследования объекта с помощью метода математического моделирования, были проанализированы работы Галилея и Торричелли; Навье и Стокса; Лапласа; Бернулли; Даламбера и Эйлера, Лагранжа, Рейнольдса, и других ученых, в их работах были связанными учениями по гидравлике и её гидродинамикой.

Основная задача исследования ГТС в гидродинамике – рассмотрение математических моделей параметров потока воды в желобе:

- скорость движения потока воды с примесями, как установившееся движение:

$$v = f(x, y, z.); \quad (3.5.8)$$

- давление в рассматриваемой точке в потоке воды с примесями:

$$p = f(x, y, z.) \quad (3.5.9)$$

- силы воздействия жидкости на погруженные в нее тела.

Математические модели, например, уравнения Навье–Стокса, представляют собой системы дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих движение вязкой ньютоновской жидкости [83].

Несмотря на то, что уравнения Навье–Стокса являются одними из важнейших в гидродинамике, и применяются в математическом моделировании многих природных явлений и технических задач (они были названы по имени французского физика Анри Новье и британского математика Джорджа Стокса), воздержались от использования их систем уравнений, как не очень подходящих математических моделей для невязкой жидкости в движении потока, которой является вода в желобе. В нашем случае речная вода в жёлобе является абсолютно невязкой и несжимаемой, т. е., является идеальной жидкостью. А транспортирование текучих материалов под действием силы подъёма потоком воды или в погруженном в воде состоянии, осуществляется под действием полной механической энергии простым движением потока воды. Поток воды со снежными зазорами и другими плавучими мелкими примесями, не считается вязкой жидкостью, т. к. примеси не поглощают воду. Поэтому вода в ГТС представляет собой идеальную жидкость.

Были проанализированы и ряд работ, посвящённых изучению законов идеальной жидкости, таких как потоки речных вод, для которых подходят главным образом учения Л. Эйлера [50, с. (58)] и Д. Бернулли.

При теоретических исследованиях гидродинамики были использованы системы дифференциальных уравнений движения Эйлера (Leonhard Euler; 1707–1783) представлено в развернутом виде, на странице 61, (2.5.1) во второй главе по данной работе, состоящих из трех дифференциальных уравнений установившегося движения идеальной жидкости, когда скорость и давление в любой точке движущейся жидкости не изменяется во времени, а зависит только от местонахождения точки в пространстве и содержатся

четыре неизвестных параметра уравнений движения $p; u_x; u_y; u_z$. Для того чтобы определить эти параметры, необходимо четвертое уравнение. Этим уравнением является дифференциальное уравнение неразрывности потока жидкости, о которых каснулись и ранее п. 2.3 полученное после ряда преобразований, с учетом, что сумма изменений проекций скоростей в направлении соответствующих координатных осей, равна нулю, то есть:

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0. \quad (3.5.10)$$

Это значит, объем воды, поступающей из верхнего бассейна 1 (рисунок 3.5.1, а и б) по желобу 7, равен объему воды, вытекающему из этого желоба в нижний бассейн 8. В этом случае получается уравнение постоянства расхода на любом сечении потока воды по желобам, или уравнение неразрывности движения потока воды:

$$v_1 S_1 = v_2 S_2 = v S = Q = const. \quad (3.5.11)$$

Здесь видно, что при установившемся движении несжимаемой жидкости произведение средней скорости v (м/с) на площадь живого сечения S (м) потока есть величина постоянная. Далее, из уравнения (3.5.11) следует где в установившемся потоке жидкости средние скорости движения обратно пропорциональны площадям соответствующих живых сечений. Система дифференциальных уравнений движения идеальной жидкости (2.1.) [50, (58)] и уравнение неразрывности движения потока жидкости (3.5.11) по желобам 7, описывают уравнения движений в открытых каналах с безнапорным движением жидкости, что является для нашего объекта исследования моделью для математического моделирования процесса транспортирования потоком воды льда и снеговых зажоров по желобам.

Изучение явления Парадокс Д'Аламбера, известный как парадокс Д'Аламбера – Эйлера, вызвал большой интерес, поскольку потоки воды в ГТС могут быть характерным обоснованием идеальной жидкости, согласно

которому при поступательным прямолинейным движении потока невязкой жидкости, как поток речной воды по желобу 7, парадокс Д'Аламбера может и отсутствовать. Это может быть происходит в силу того, что, если имеется поток воды с наличием мелких снежных зажоров, близкий к вязкой жидкости, и тело находится в живом сечении, смоченным водой снежным потоком в желобе, т. е. в окружении вязким снежным зазором, тогда тела могут плыть без сопротивления со стороны потока жидкости. Такое парадоксальное явление может иметь место, когда лишь плывет одиночное тело, или тела плывут в малом количестве в сечении и вдали от борта желоба. Становится очевидным, что появляется трение между бортовыми стенками желоба и крайними плавучими материалами, а также между самими материалами. При этом средние плавучие части материала будут опережать крайние, поскольку скорость струи воды в середине потока всегда больше.

В ж/б желобе 7 вода течет с постоянной скоростью v . Рассмотрим движение погруженных кусков льда прямоугольной формы с площадью S_1 и S_2 , перпендикулярные к направлению потока воды (рисунок 3.6.1, в). Согласно дифференциальному уравнению движения невязкой жидкости (уравнение Эйлера), в условиях равновесия сил в проекции на ось желоба, результирующая всех давлений на воду равняется сумме сил и равна нулю:

$$-\rho S_1 v^2 + \rho S_2 v^2 + F = 0 \quad (3.5.13)$$

При разности площадей погруженное тело в потоке воды, в случае, когда эти площади перпендикулярны направлению скорости движения потока (как показано на рисунке 3.5.1, в, если $S_1 > S_2$, то выражение (3.5.13) примет вид:

$$\rho v^2 (S_1 - S_2) = F. \quad (3.5.14)$$

Тогда тело в потоке будет иметь дополнительную опережающую транспортирующую силу F . Если же $S_1 = S_2$, тогда тело транспортируется потоком воды только на плаву. Уравнения Л. Эйлера, как математические

модели, согласно которым движение отдельных частиц воды в потоке, как идеальное безнапорное движение в целом, рассматриваются относительно неподвижных точек в пространстве желоба ГТС [89, 93)], как пространство, занятое движущимися потоками воды в желобе 7. Движение потока воды происходит благодаря разности геодезических отметок в желобе.

Бернулли (Daniel Bernoulli; 1700–1782), дал научное обоснование законов движения жидкости не только в трубопроводах, но и в открытых каналах с безнапорным движением жидкости, как движение воды в желобе 7, (рисунок 3.5.1, а, б и в), и выглядит следующим образом:

$$z + \frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} = const. \quad (3.5.15)$$

В нашем случае этот закон Бернулли (3.5.15) принят в качестве наиболее близкой математической модели для нашего объекта исследования. В качестве потока движения реальной жидкости был принят поток воды в процессе транспортирования по нему льда и снеговых зажоров в опасном участке русла реки, где в крепкий зимний период годы, всегда имело место формирование заторов льда. Например, такое событие наблюдалось на реках Ала-Арча и Аламедин, и в черте г. Бишкек зимой 2012–2013 и 2017–2018 гг. с интервалом в 5 лет. Такие суровые зимы вполне вероятны и в 13 января 2023 года, действительно ожидали и произошло формирования закупорка зажорным материалом зимы на участке реки Ала-Арча с водораспределительным сооружением на ул Скрыбина (см. рисунки 1.3.2; 1.3.5; 2.1; 2.4).

Если рассматривать два произвольно взятых живых сечений по длине желоба 1-1 и 2-2 (рисунок 3.5.1, в), с потоком движущей воды, тогда для начала и конца рабочей длины желоба относительно бассейна 8, можно записать:

$$z_1 + \frac{p}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g}. \quad (3.5.16)$$

Уравнения Д. Бернулли (3,5.15) и (3.5.16), для движения потока воды стало математической моделью для составления энергетического баланса транспортировки льда и снеговых зажоров по желобу 7 из верхнего бассейна 1, в нижний бассейн 8 (рисунок 3.5.1, в). Уравнение (3,5,16) называется уравнением движения Д. Бернулли; оно устанавливает в предложенном ГТС связь между давлением, скоростью движения и геометрическим положением Z_1 и Z_2 элементов потока воды в живых сечениях желоба 7. Каждые составляющие элементы в уравнении (3.5.16) имеют геометрический и энергетический смысл, а также имеют линейную размерность, и каждый из них может назваться высотой относительно плоскости сравнения, которая в нашем случае может считаться поверхностью воды нижнего бассейна 8.

Для потока воды в желобе уравнения Бернулли (1738 г.) (3.5.15) и (3.5.16), признаны фундаментом гидродинамики. Здесь элементы уравнения (3.5.15) движения потока воды составят: ρ – плотность потока воды ($кг/м^3$); v – скорость потока воды, ($м/с$); Z – геометрическая высота ($м$), значение величины высоты (уровня) на которой находится исследуемый элемент жидкости от уровня сравнения, т. е. от выбранной горизонтальной плоскости – поверхность воды по нижнему бассейну 8 (рисунок 3.5.1, в); p – давление в точке пространства, где находится центр массы исследуемого элемента жидкости, в нашем случае оно равно атмосферному давлению; g – значение величины ускорения свободного падения, $g = 9,81 м/с^2$; $\frac{p}{\rho g}$ – приведенная высота гидродинамического давления; так же, как и в гидростатике, эту высоту называют пьезометрической, ($м$); $\frac{v^2}{2g}$ – кинетическая часть или скоростной напор, ($м$).

Основным физическим свойством жидкостей, лежащим в основе построения теоретических моделей, являются: непрерывность, сплошность, лёгкая подвижность, текучесть воды. Основываясь на перечисленных выше свойствах жидкости, все наносы с водой в потоке, направленном по прямолинейной траектории, по выложенным встык желобу посередине русла реки отводятся из бассейна 1 в бассейн 8, потоком воды.

Движение потока воды в указанном желобе считается установившемся. Тогда скорость и давление в любой точке движущейся воды не изменяется во времени, а зависит только лишь от местонахождения точки в пространстве в любой точке потока воды. Плывучие материалы – куски льда, зажорные формирования (наносы) транспортируются полной механической энергией движением потока воды в желобе, выражаемой произведением веса объема воды на каждый элемент в уравнении движения потока воды (уравнение Бернулли) на рассматриваемом живом сечении желоба, выражается в виде:

$$E = Gz + G \frac{p}{\rho g} + G \frac{v_1^2}{2g}, \quad (3.5.17)$$

и является суммарной потенциальной и кинетической энергией. Выражения (3.5.17) представляет собой полную механическую энергию потока воды в желобе 7, и измеряется в *Н·м*. То есть поток воды, двигаясь по ж/б желобу под действием сил тяжести воды *G*, совершает работу, выраженную уравнением (3.5.17), под действием суммарной энергии потока воды, который уносит все примеси в потоке. При этом этой суммарной энергии потока воды сопутствует энергия движения самих наносов, обладающие собственными массовых силы в составе потока воды в желобе. Поэтому следует дополнить уравнение (3.5.17).

Пояснения без отказного выполнения функции защиты реки от заторов льда на реках изложены в работах [89, 93]. На базе выше представленных на рисунке 3.5.1, *а*, *б* и *в*, а также на рисунке 3.5.2, *а*, *б*, представлены эскизы двух поперечных сечений, как фрагменты рисунка 3.5.1, *б*. Здесь представлены

участки ГТС для анализа движения потока воды с наносами по сечению Б-Б, по верхнему бассейну 1, и по сечению В-В – по «живому» сечению желоба 7, на стыке с бассейном 1.

На рисунке 3.5.1 показаны реальные и натурные элементы ГТС в русле реки Ала-Арча, такие как береговые ж/б стенки и бетонные перегородки 4, расположены выше моста по ул. Льва Толстого в г. Бишкек, там были как один из наших наблюдательных пунктов при натурных исследованиях. Рисунок 3.5.2, а, б можно считать геометрической моделью объекта, со спецификацией элементов величины «живого сечения» желоба: b – величина ширины по дну; B – величина ширины по водной поверхности; H – высота по водной поверхности; β – угол наклона боковых стенок, $\beta < 90^\circ$, (см. рисунок 3.5.3, а). Конструктивно, с точки зрения технологичности изготовления желоба в заводских условиях, углы откоса боковых стенок приняты равные по $\beta = 60^\circ$. Согласно разработанной ГТС (рисунок 3.5.1, а-в), гидравлический i и пьезометрический I уклоны, а также уклон дна ж/б желоба $I_{ж}$,

и будут равны:

$$i = I = I_{ж}. \quad (3.5.18)$$

Геометрические параметры «живого сечения» желоба 7 приведены на рисунке 3.5.2, б, где b - ширина по дну; B - ширина по водной поверхности; H – высота по водной поверхности; β - угол наклона боковые стенки, $\beta < 90^\circ$.

Для решений принимаем в расчет только предгорные уклоны для реки Ала-Арча, $I_{ж} = 0,02$; для реки Аламедин - $I_{ж} = 0,025$; считая их как минимальные уклоны. Такие же уклоны обозначены и на дне бассейна 1, но более крутые на боковых откосах I_6 , по дну бассейна 1.

На рисунках 3.5.3 а); б) ...ж) представлены различные физические ситуации, пр работы ГТС в процессах поступления наносов в бассейн 1 и транспортирования их оттуда по желобам, необходимо задать требования однозначности, которые содержат следующие: а) – поперечное сечение, с видом на центральную зону участка, согласно рисунку 1, б и по сечению В-В,

когда движение потока воды с наносами по желобу транспортируется стабильно; б) – расчетная схема транспортирования крупного ломка льда по желобу; в) – поперечное сечение, когда движение потока воды с обильными поступлениями наносов, и полным покрытием свободной поверхности потока воды в желобе, тогда транспортирование по желобу будет затруднено; г) – вид, как на сечение; в), тогда накопления будут подвергаться снизу эрозии, оттуда струями вода уносит по частям накопления, что исключает заторы; д) – поперечное сечение, вид с полным покрытием свободной поверхности желоба, заодно и по его берегам, сорвавшимися заторными формированиями, поступившими сверху в бассейн; з – вид, как на д, где затор на входе из желоба, будет подвергаться снизу эрозийным явлениям скоростным потоком воды из системы с комментариями устройства, а также обозначениями параметров.

Физические требования к безотказности, которые включают плотность льда и зазорные формирования, которые уносятся потоком воды вниз, всегда меньше, чем плотность воды. Особенностью движения потока воды в открытом искусственном русле-желобе 7 является то, что вода ограничена не со всех сторон, а имеет свободную поверхность, все точки которой находятся под действием одинакового внешнего (атмосферного), общего давления: $p_{\text{общ.}} = p_{\text{а.}}$. В таком состоянии поток воды и его средняя и местная скорость по длине желоба 7, можно считать постоянным и равным v , где согласно рисунку 1, в), уклон дна также желоба можно считать постоянным.

Поступления потока воды с крупными кусками покровного льда, как показано на рисунке 3.5.3, б), или объему обломков мелкого льда и зазорными формированиями, поступающими в бассейн 1 с верхней ступеньки 4 (рисунок 3.5.1, а и в), которые отмечены и на рисунке 3.5.3, д и ж), можно представить в виде трех ситуаций:

1. Поток воды с равномерным объемом ломки льда и зажорными формированиями равномерными, но не полностью покрытыми свободной поверхностью потока воды, текут в желоб 7, как показано на рисунке 3.5.2, б и 3, а, без заторов, равномерным движением потока будут транспортировать имеющиеся примеси.

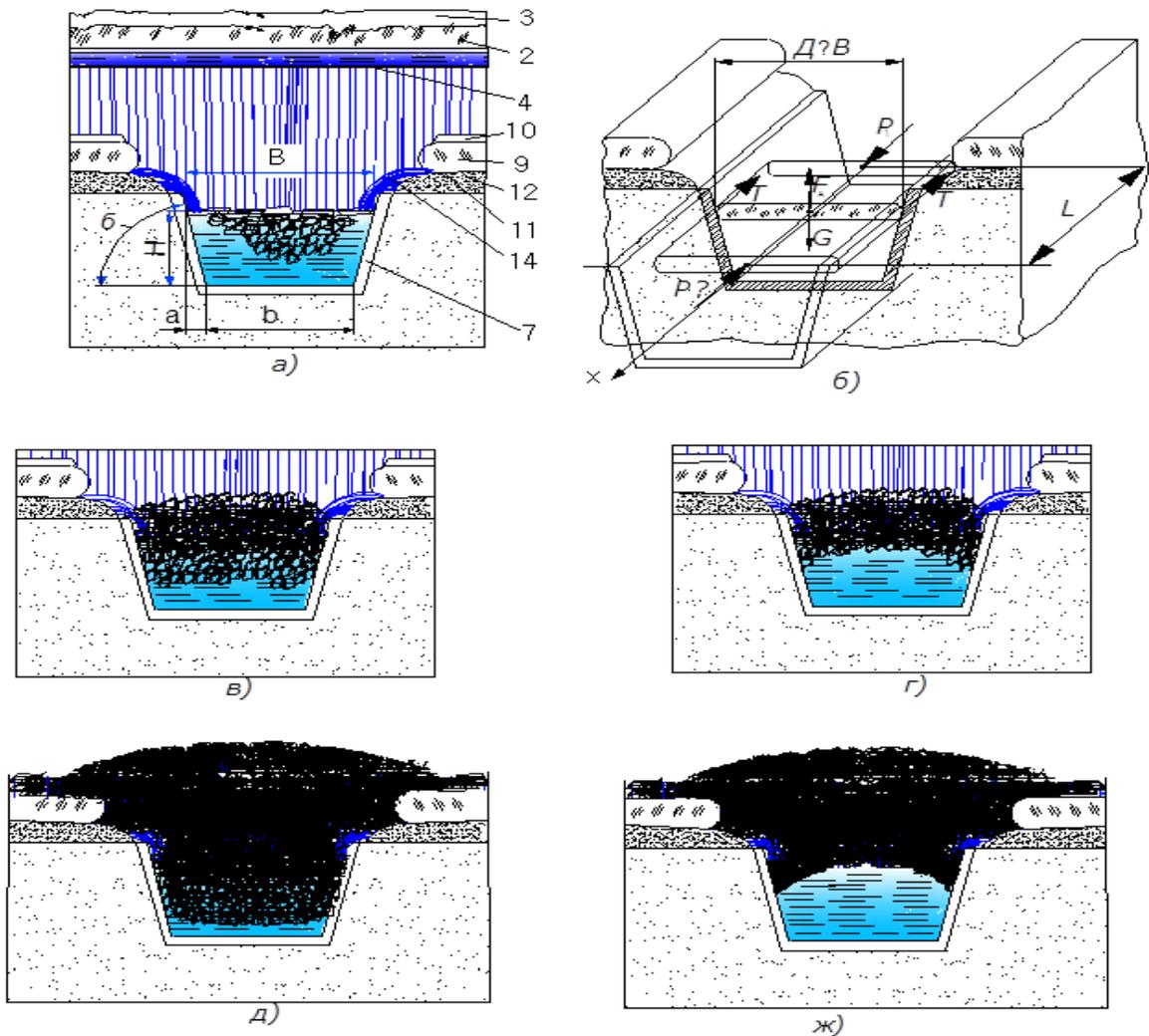


Рисунок 3.5.3 - Физические постановки задачи, на безотказной работы ГТС

2. Поток воды течет с большим объемом кусков льда и зажорными формированиями, как показано на рисунке 3, в, и с полным покрытым свободной поверхностью потока воды в желобе. Тогда механическая энергия потока воды, выраженная уравнением (3.5.17), будет, начиная снизу,

эрозийно вырывать по частям накопления примесей, как показано на рисунке 3.5.3, *з*, унося все за пределы участка.

3. Поток воды с еще большим объемом кусков льда и зажорными формированиями поступает в избытке с высоты со ступеньки 4 в бассейн 1 (рисунок 3.5.2, *а*), и при этом будет полностью покрыт свободной поверхностью потока воды в желобе 7 и заодно по ее берегам также, как и на рисунке 3.5.3, *д*), еще глубже погружаясь в желоб 7. Тогда увеличится напор воды в бассейне 1, увеличивая механическую энергию потока воды и увеличивая скорость истечения потока воды через щели между дном желоба 7 и низом накоплений. При этом, согласно уравнения Торичелли (3.5.2), из-за наличия скорости истечения потока воды будут происходить интенсивные эрозийные процессы с удалением частей накопления снизу, а возможно и поверху, открывая проход, как показано на рисунке 3.5.3, *ж*, устраняя затор вследствие уноса плавучих вес примесей.

4. Для обеспечения бесперебойную работу ГТС, при наличия максимально возможные габаритные или большие диагональные размеры кусков льда, в том числе размерами крупного зажорного формирования на плаву, в конструкции защитного устройства предусмотрены в ряд расположенные железные расколотники льда с остроконечным пиками (см. Глава 1, фиг.4 и 5, на стр.49). Поэтому габаритные ширины куска льда D всегда меньше чем средней ширины желоба B_{cp} .

Для нахождения полной механической энергии потока воды с наличием силы трения T , кусков льда, шириной $D \leq B_{cp}$ об стенки желоба 7, была разработана расчетная схема (рисунок 3.5.3, *б*) в аксонометрическом изображении, с осью Р-х, как показано на рисунке 3.5.3, *а–ж*. Фрагменты ситуаций на участке рек с ГТС представлены в качестве геометрической модели для различные ситуации, когда движение потока воды с примесями в

желобе по руслу сооружения в продольном разрезе А-А, на рисунке 3.5.1, б и в поперечном сечении В-В, на рисунке 3.5.2, б.

Механическая энергия потока воды в желобе на рассматриваемом участке с живым сечением желоба состоит из алгебраической суммы: потенциальной энергии положения $E_{пол} = G \cdot z$; потенциальной энергии

давления $E_{дав} = G \cdot \frac{p}{\rho g}$; кинетической энергии движения потока воды

$E_{кин.} = G \cdot \frac{v^2}{2g}$, которые были приведены выше (3.5.17) как уравнение движения

потока воды (уравнение Бернулли) и является суммарной энергией высоты с потенциальной и кинетической энергией потока воды, которые затрачиваются на транспортирование объемов ломаного льда и зажорных формирований (наносов), преодолевая силы трения боковыми стенками желоба 7.

Учитывая, что движение воды в желобе равномерное и установившееся, сумму проекций найденных сил на ось Р-х приравняем нулю. Для чего, прежде определяем положение силы тяжести собственного веса потока воды (G_x) на участке между живых сечений 1-1 и 2-2, по рисунку 1, в и на оси Р-х (рисунок 3, б); силы гидродинамического давления в центре тяжести живых сечений 1-1 и 2-2 (рисунок 1, в) от потока воды в желобе, как разность силы ($P_1 - P_2$); силы вытеснения наносов из воды ($F_{выт}$) и силы трения между наносами потока и боковыми стенками желоба (Т), по рисунку 3.5.3, б.

Сумма проекций всех сил на ось Р-х будет равна:

$$G_x + (P_1 - P_2) + F_{вытесн.} - 2 \cdot T = 0. \quad (3.5.19)$$

Сумма тел, вытесненных на открытую поверхность потока воды, транспортируемых механической энергией, рассматривается как математическая модель, со знаковыми обозначениями механической энергии E (3.5.17), без препятствий со стороны неподвижных элементов

желоба, и согласуется с геометрическими моделями на рисунках 3.5.2, а) и 3.5.3, а). Тогда механическая энергия потока воды в желобе без излишних транспортируемых наносов определяется как произведение удельной энергии потока воды (3.5.17) по длине, т. е., по расстоянию между живыми сечениями 1-1 и 2-2 (рисунок 3.5.1, в), на сумме сил тяжести собственного веса G потока воды и силы гидродинамического давления ($P_1 - P_2$) в центре тяжести живых сечений на длине 1-1 и 2-2 (рисунок 3.5.1, в):

$$G_x + (P_1 - P_2) = E = Gz + G \frac{p}{\rho g} + G \frac{v^2}{2g}, \quad (3.5.20)$$

Силы действия воды на погруженное в нее тело в статике представляют как силу $F_{\text{вытесн.}}$ – вытесняющую тело из воды, и запишутся как:

$$F_{\text{вытесн.}} = F_{\text{Арх.}} = \rho \cdot g \cdot V_{\text{ч/тело}}. \quad (3.5.21)$$

В самом деле, в составе движения потока воды дополнительно участвует энергия движения суммы объемной массы обломков льда и зазорных формирований (наносов), как и их сила тяжести, вытесненная из воды (3.5.21) на длине желоба L , с уклоном $I_{\text{ж}}$ в составе разработанной ГТС (рисунок 3.5.1, а). В случае, если отсутствует сила трения ($T = 0$, т. е. наносы не касаются стенок желоба, как на рисунках 3.5.2, б и 3, а), тогда механическая энергия потока воды в желобе могут записаться в следующем виде:

$$A = E + g \cdot L \cdot I_{\text{ж}} \sum \rho \cdot V_{\text{ч.тело}}. \quad (3.5.22)$$

На рисунке 3.5.3, а–ж в виде геометрических моделей приведены изображения при различной ситуации погружения наносов в бассейн 1 и желоб 7. В составах выражений (3.5.21) и (3.5.22) входят: часть объема погруженного в воду тела $V_{\text{ч.тело}}$; суммы силы тяжести наносов, погруженные в желоб 7, которые равны силе вытесненной водой наносов, записанных в виде:

$$G_{\text{наносы}} = \sum F_{\text{вытесн.}} = F_{\text{Архимеда}} = g \cdot \sum \rho_{\text{вода}} \cdot V_{\text{ч/тело}}. \quad (3.5.23)$$

Выражение (3.5.23) показывает, как сила Архимеда и сумма силы тяжести наносов, где плотность их всегда меньше воды, что плотность льда составляет в среднем: $\rho_{\text{льда}} = 0,92 \text{ г} / \text{см}^3$. Под действием погруженные в воду в желобе наносы $G_{\text{наносы}}$, из-за наличия уклона $I_{\text{ж}}$, на длине от бассейна 1 до бассейна 8 совершают механическую работу:

$$A_{\text{наносы}} = g \cdot L \cdot I_{\text{ж}} \sum \rho \cdot V_{\text{ч.тело}}. \quad (3.5.24)$$

В ряде случаев работа ГТС могут сопровождаться движением потока воды с кучными наносами, или же сорвавшимися заторами льда и зажорными формированиями по руслу реки, которые далее поступают с верхней ступеньки 4 с потоком воды в бассейн 1. Тогда из бассейна 1 с водой, поступившей туда с массой с различными по размерам кусками льда и зажорными формированиями, движется по уклонам 13 дна бассейна 1, с ограничительными сходящимися бортовыми откосами, как показано на сечении Б-Б рисунка 3.5.1, б) и рисунка 3.5.2, а), а также на рисунках 3.5.3, д) и з), которые направляются на вход в желоб 7, где может быть сформирован затор льда и зажор. Тогда поток воды с обильным объемом наносов будет поступать в избытке, перекрывая свободную поверхность потока воды в желобе. При этом переполненный транспортируемым материалом поток воды в желобе сопротивляется движению, торможению, возникает трение упирающихся тел из обломков льда или зажорных формирований о бортовые стенки желоба и в процессе движения они могут быть вытеснены за борт желоба, зацепляясь за неподвижные береговые ледяные покровы. В такой ситуации вытесненная часть транспортируемых наносов может задерживаться, цепляясь за берега канала 6 и желоба 7, а далее за насыпь 12, образуя наросты вдоль берега желоба. В любом случае, при их движении по желобу возникают заметные силы трения между наносами и боковыми стенками желоба, математическая модель, которых запишется как:

$$T_{\text{наносы}} = f \cdot g \cdot L \cdot I_{\text{ж}} \sum \rho \cdot V_{\text{ч.тело}}. \quad (3.5.25)$$

Кроме этого, на процесс транспортирования наносов по желобу влияет угол \bar{b} наклона боковых стенок желоба, а под действием веса наносов $G_{\text{наносов}}$ могут быть написаны следующие выражения:

$$G_{\text{наносов}}^{\bar{b}} = f \cdot g \cdot L \cdot I_{\text{ж}} \sum \rho \cdot V_{\text{ч.тело}} \cdot \text{Cos}\bar{b} \quad (2.5.26)$$

Порядок работы ГТС в описанных выше ситуациях может быть описан в виде суммы механической энергии потока воды и наносов:

$$A = E + A_{\text{наносы}} - G_{\text{наносов}}^{\bar{b}}. \quad (3.5.27)$$

Подставляя математические выражения всех составляющих энергии потока в желобе получим итоговую энергию отвода потоком по желобам ГТС:

$$\begin{aligned} A &= E + A_{\text{наносы}} - G_{\text{наносов}}^{\bar{b}} = \\ &= G \cdot z + G \cdot \frac{p}{\rho \cdot g} + G \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} + g \cdot L \cdot I_{\text{ж}} \sum \rho \cdot V_{\text{ч.тело}} - f \cdot g \cdot L \cdot I_{\text{ж}} \sum \rho \cdot V_{\text{ч.тело}} \cdot \text{Cos}\bar{b} = \\ &= G \cdot z + G \cdot \frac{p}{\rho \cdot g} + G \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} + (1 - f \cdot \text{Cos}\bar{b}) \cdot g \cdot L \cdot I_{\text{ж}} \sum \rho \cdot V_{\text{ч.тело}}, \end{aligned} \quad (3.5.28)$$

где f – коэффициент трения между транспортируемым материалом по обеим боковым стенкам желоба, с углами наклона \bar{b} боковых стенок (рисунок 3.5.3, в – ж). Если происходит движение сверху, все выше перечисленные элементы движения имеют место в случае положительной температуры в атмосфере, в противном случае, при морозе, движения сверху и кучных ледяных образований не возникает. В этом случае объем воды преобладает, и в худшем случае может произойти подъем уровня воды в бассейне. Начинается переливание воды через борта бассейна, и она натекает на поверхность неподвижно лежащего льда. В этом случае эти наплывы по волнистым поверхностям льда начинают изменять направление движения с обеих берегов русла реки в сторону желоба и начинается фильтрация, вода направляется в желоб, активно унося все наносы, а густые массы

задерживаются на поверхности неподвижного льда. Если часть густой массы наносов доплывет до желоба, их оттуда уносит скоростным потоком вода. Самые интенсивные переливания через борта бассейна происходят именно там, где сформирован затор льда и зажоры у входа в желоб. Одновременно с этим, за затором из глубины и со дна бассейна выходит струя потока воды по дну желоба со скоростью, математически описанной формулой (3.5.2), известной, как уравнение Торричелли, при наличии напора h , равном глубине бассейна. Под действием этого скоростного потока воды происходит отбирание состава затора кусков льда. Вскоре здесь появляются пробоины для прохода в желоб потока воды. Начинаются активные отводы накоплений из бассейна, и он очищается.

3.6. Математические расчеты по определению технологических и конструктивных параметров ГТС, предотвращающего формирование зазорных заторов льда на реке Ала-Арча

Использованием математического метода моделирования для определения скорости и расходов потока воды со льдинами и снежными зазорами, сводится к закону распределения скоростей частиц жидкости в «живом сечении», где требуется оптимальный расчет конструктивных параметров ГТС, и ее основных элементов – ж/б желобов с наиболее выгодным поперечным сечением в форме равнобедренной трапеции (рисунок 3.5.2, поз. 7). Снежные зазоры и куски льда в потоке в желобе плавают по верху воды, погружаясь до 80–85 %, а при их обильности, покрывают полностью открытую поверхность и плывут с потоком воды, когда скорость посередине больше чем по краям. Размерность площади «живого сечения» W желоба, как основного элемента ГТС (см. рисунки 3.5.2, б и 3.5.3, а–ж), а также длина смоченного периметра χ , определяются следующими выражениями:

$$W = (B + b)H / 2 \text{ и } \chi = b + H \frac{2}{\sin \beta}, \quad (3.6.1)$$

где b и B – ширина желоба, соответственно по дну и по водной поверхности; H – глубины потока; β – значения углов наклона равнобоких откосов желоба.

Если известно значение величины расхода потока на зимний период сезона на затороопасном участке конкретной реки, которым является река Ала-Арча, то площадь поперечного сечения рассматриваемого желоба принимает наибольшее значение с расходной характеристикой, когда гидравлический радиус R имеет наибольшее значение, выражаемое отношением площади «живого сечения» потока воды W к длине смоченного периметра χ : $R = W / \chi$. (3.6.2)

В связи с тем, что значение величины смоченного периметра χ является функцией глубины наполнения желоба H , т. е, $\chi = f(H)$, то можно определить минимальное значение величины смоченного периметра путем приведения к нулю его производную по H :

$$\begin{aligned} \frac{d\chi}{dH} &= -\frac{W}{H^2} - \text{ctg}\beta + \frac{2}{\sin \beta} = 0 \\ W &= H^2 \frac{2}{\sin \beta} - H^2 \cdot \text{Ctg}\beta = H^2 \left(\frac{2}{\sin \beta} - \text{Ctg}\beta \right) = H^2 \cdot \frac{2 - \text{Cos}\beta}{\sin \beta}, \end{aligned} \quad (3.6.3)$$

где b и B – ширина канала, соответственно по дну и по водной поверхности; H – глубина потока; $a = H \text{ Ctg}\beta$, здесь β – значение величины заложения углов наклона, как левого, так и правого откосов желобов, и всегда $\beta < 90^\circ$.

Таким образом, становится возможным производить расчет гидравлического радиуса. После алгебраического преобразования он имеет следующий вид:

$$R = \frac{W}{\chi} = \frac{H^2 \frac{2 - \text{Cos}\beta}{\sin \beta}}{\frac{W}{H} - H \cdot \text{Ctg}\beta + H \frac{2}{\sin \beta}} = \frac{H}{2}. \quad (3.6.4)$$

Следует отметить, что значение величины гидравлического радиуса желоба с трапецидальным сечением равняется половине значения величины глубины потока, т. е.

$$R = H/2. \quad (3.6.5)$$

Известны из [2;12] (с. 123), по данным таблицы 3.2 – Гидрологические характеристики рек Аламедин и Ала-Арча многолетние средние расходы в зимний период по реке: Аламедин $Q_3 = 1,67 \text{ м}^3/\text{с}$; Ала-Арча $Q_3 = 1,38 \text{ м}^3/\text{с}$. Скорости потока [12]: по реке Аламедин до $v = 1,6 \text{ м/с}$; по реке Ала-Арча до $v = (1,0-1,1) \text{ м/с}$. Вот почему, по реке Аламедина заторы в черте г. Бишкек в зимние периоды 2012–2013 и 2017–2018 годы не наблюдались.

Принимая расход по реке Ала-Арча $Q = 1,38 \text{ м}^3/\text{с}$, при скорости потока $v = (1,0-1,1) \text{ м/с}$ [12], и минимальной скорости потока воды в реке $v = 1,0 \text{ м/с}$, находим площадь «живого сечения» W из выражения $Q = W \cdot v$, что составит: $W = (B+b) R = Q / v = 1,38/1,0 = 1,38 \text{ м}^2$.

Преобразив выражение (3.6.3), определим глубину «живого сечения» потока:

$$H = \sqrt{\frac{W \cdot \sin \delta}{2 - \cos \delta}} = \sqrt{\frac{1,38 \cdot \sin 60^\circ}{2 - \cos 60^\circ}} = 0,84 \text{ м.} \quad (3.6.6)$$

Принимая конструктивную глубину желоба, округляя ее до целого числа, равное $H_n = 1,0 \text{ м}$, назовем ее полезной высотой, опираясь обратно на выражение (3.6.3) определим расчетное (внутреннее) т.е., сечение желоба:

$$W_n = H_n^2 \cdot \frac{(2 - \cos \delta)}{\sin \delta} = 1,73 \text{ м}^2.$$

Далее, определим геометрические параметры поперечного сечения по внутренней поверхности желоба, зная полезный площадь W_n из уравнений:

$$W_n = H_n^2 \cdot \text{Ctg} \delta + H_n \cdot b. \quad (3.6.7)$$

Решая уравнение (3.6.7) относительно параметра b , находим ширину по дну желоба, затем B – ширину по бортам желоба:

$$b = (W_n - H_n^2 \cdot \text{Ctg} \delta) / H_n; \quad B = b + 2H_n \cdot \text{Ctg} \delta \quad (3.6.8)$$

Подставив исходные данные, определим расчетную ширину дна и бортов:

$$b = (1,73 - 1 \cdot \text{ctg} 60^\circ) = 1,73 - 0,58 = 1,15 \text{ м, и}$$

$$B = 1,15 + 2 \cdot 1 \cdot \operatorname{ctg} 60^\circ = 1,15 + 2 \cdot 1 \cdot 0,58 = 2,31 \text{ м. Принять } B=2,3 \text{ м.}$$

С точки зрения конструктивного и технологического соображения, с учетом конструктивных параметров существующего сооружения, где возможны и намерены установки ГТС, параметры желоба могут подвергаться корректировку, включая все четыре параметра: две ширины (b и B), высоты (глубина) H и углы наклона борта желоба (см. рисунок 3.5.3. а). Тут имеются 8 единицы заторные заслонки шириной по 2,0 м. Здесь есть возможность соорудить стационарную желобу под одной из средних заслонки, усилив и удлинив на не более 1 м, для обеспечения на проход, не менее заданным расходом $1,38 \text{ м}^3/\text{с}$, со скоростью 1 м/с. Если увеличить уклона у подхода, например, за 2 м до заслонки на 10% и сужением ширину борта с 2,3 до 1,90 м, то расход существенно увеличиться, что не потребует увеличения живого сечения на заслонке, за счет увеличения скорости потока.

Площадь желоба определяем по формуле площади трапеции, по имеющим равными параметрами восьми порога сооружения параметрам которую вычислим как: $W_{\text{п}} = (b + B) \cdot H_{\text{п}}/2$, (3.6.9)

и определены: $W_{\text{п}} = (1,20 + 1,95) \cdot 1,2 \cdot 0,5 = 1,575 \text{ м}^2$.

Площадь поперечное сечение желоба по существующей заслонки, и при ширину борта равной 1,95 м составит более $W_{\text{п}}=1,5 \text{ м}^2$, что расход воды по сечению, при скорости потока $v = 1,0 \text{ м/с}$ будут равны $Q = 1,57 \text{ м}^3/\text{с}$, что больше чем расход воды в меженный период расхода, т.е. в зимный период.

3.7. Выводы по главе

1. Установлены, что заторы формируются главным образом из зажорной массы, которые, в свою очередь состоит из шуги шаровидной форме в русле реки турбулентным течением потока воды. Натурным исследованием установлено, что затор формирован на участке за сооружением и водопадом закупоркой зажорным накоплением, в виде “голова и тела затора”.

2. Пологаем, о том, что для формирования шаровидные шуги, основные материалы являются снежные крошки, подающие в холодной температуре воздуха в холодную воду - кристаллы в холодной внутриводной температуре воды, как сплошная среда, с турбулентным режимом течения. Из снежные крошки в холодном воздухе падая в сплошную среду, с турбулентным движением течения воды могут быть формированы шарообразные шуги. Тем более подтверждается сравнением данными графиков (рисунках 2.7- 2.14), из источником синоптики [42-45], что те дни, с 09 января до утра 12 января 2023 года в г. Бишкеке подал снег без перерывно и очевидно материалы для шуги были снежные крошки, когда был воздух холодный.

3. На основание проведенных исследований и результате натурных исследований различных ситуациях по река Ала-Арча и видя ликвидации затора из зажора методом освобождения пути отвода воды по зазорным покровам, как на рисунке 2.1.4 предложен способ и устройства устранения заторов льда с зажорами на малых реках путем отвода кусков льда, шуги и снежных зажоров потоком воды по желобам (как быстротоком).

4. Предложенные способы и устройства ГТС по патентами КР за № 2141 (2019 г.) [83] и № 2225 (2021 г.) [87] внедрены в виде проекта модернизации существующего ВРиРГТС, расположенного на реке Ала-Арча в г.Бишкек.

ГЛАВА 4. МОДЕРНИЗАЦИЯ ПО ВНЕДРЕНИЮ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ, ПРЕДОТВРАЩАЮЩЕГО ФОРМИРОВАНИЯ ЗАТОРОВ ЛЬДА НА РЕКЕ АЛА-АРЧА

4.1. Обзор о защитных гидротехнических сооружениях от зажоров и заторов льда на реках

Как изложены выше, одним из опасных природных явлений в черте г. Бишкек являются заторы льда на реках Ала-Арча. к тому же заторообразование на реке Ала-Арча более опасно, чем на р. Аламедин, как было нами установлено проведёнными исследованиями, что на речке Аламедин заторы в черте г. Бишкек обнаружены не были. Так, как на реки Аламедина, где мосты автомагистралей и других участках, берега высокие и дно русла узкие и вогнутые. На рисунке 4.1.1, так выглядит участок русло реки Ала-Арча по длине в черте столицы, с меженным потоком воды, совпадающему зимнему периоду года, когда вода текут минимальным расходом, где согласно источника [2; Глава 10, Бишкек; 12], расход в среднем составляет $Q_{\text{сред}} = 1,38 \text{ м}^3 / \text{с}$. Этот же участок реки Ала-Арча во время зимы 2018 годы был как представленный на рисунке 1.1.5, ниже которого находится водораспределительное сооружение на ул. Скрябина, который относиться затороопасный участок первой группы, где за каждый через 5 лет обязательно происходить заторы, как представлены на рисунках 1.1.1 и 1.1.2, а также 2.1.1 и 2.1.4. После 2019 года вдол ул. Э. Матыева, выше моста на автомагистрали Льва Толстого, был модернизирован ряд ярусных ступеней по этому руслу реки с повышением их высоты, как предоставлен на рисунке 2.4.12, где на снимке в зимой от 14 января 2023 года видны, что там нет движения зажорного покрова, тогда, как в 2018 году, на конце этой участки, как видны на рисунке 2.1.2 был крупные зажорные заторы на мосту. Здесь даже за мостом были сформированы “голова затора”. До настоящее время заторы ликвидировались мощными техниками, с частичным вывозом из зоны затора и с участием людей вскрывались зажорные покрова для отвода воды

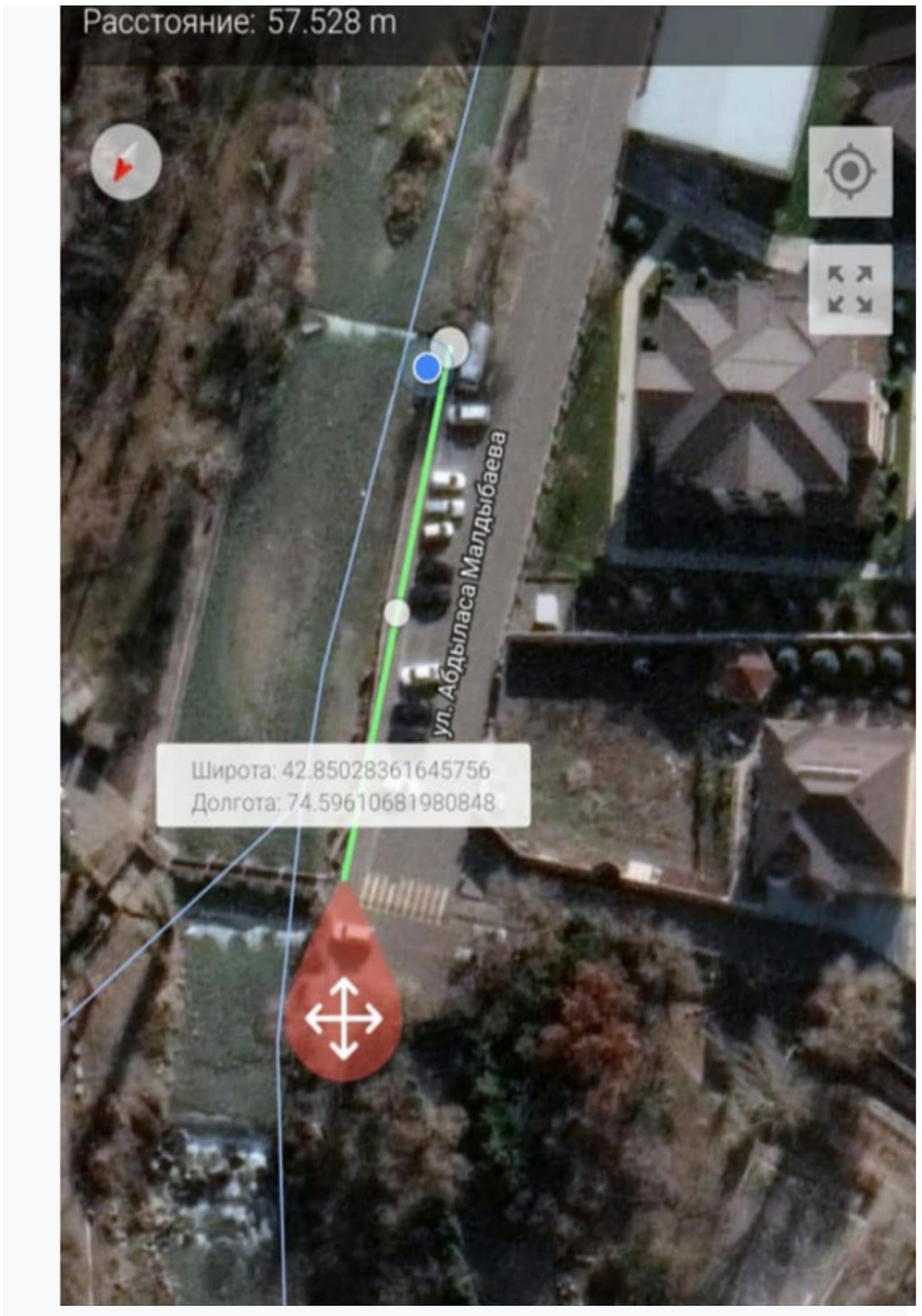


Рисунок 4.1.1- Общий вид водораспределительного и регулирующего гидротехнического сооружения на участке русла реки Ала-Арча

по ручьям, через сооружения, как на рисунках 2.1.1, 2.1.3 и 2.1.4. Другой метод не был. Данный метод ликвидации затора затратные с моблизацией людей и техники каждые случая, когда происходит формирования заторов льда на реках.

Обзор с анализом литературы показал, что способ и устройства борьбе с заторов и зажоров на малых реках как Ала-Арча в борьбе с заторообразованием обнаружен не был.

Для предотвращения образования заторов, из перефразированные зажора в **шугасодержащего** потока на определённом участке реки, где часто наблюдаются это явление, предлагался способ активного отвода талых вод из-под льда и в том числе прибывших сверху по руслу воды с ледоходом и шугоходом, шугасодержащего селевого потока, без разрушения целостности образованного льда, даже со снеговым покрытием. Отвод вод со шугасодержащим потоком осуществляется путем вложения по центру русла реки, начиная с конца хвоста формирования затора на опасных участках предполагаемого затора с шугасодержащего потока, последовательно соединенных железобетонных желобов в вырытый канал, который начинается с полуворонкообразного забора с откосом (см. рис. 3.5.1, б) и рис. 3.5.2) и дном, углубленным ниже уровня дна русла реки. Предложенные ГТС исключает образование заторов льда с зажорами на малых реках.

4.2. Модернизация ВРиРГТС на участке в русле реки Ала-Арча, расположенное на ул. Скрябина г. Бишкек

Натурным обследованием сооружения определены параметры основных геометрических элементов, таких, как ширины 8 единицы заслонок по 1950 мм и высотой 1200 мм, установленных по блокам, с шагом по 2000 мм.

Распределения грунтового материала вынутые из траншеи под железобетонным каналом проводится равномерно укладыванием насыпи уплотнением (см. рисунок 4.2.1, б), в) и г) начиная от берега канала к береговым стенкам, под острым углом по 30°, по разметку и укладыванием защитные от смывания насып ж/б брусьев или бортовок (см. то рис. з), как на

рисунке 4.2.1, г), чтобы талые воды направлялись к ж/б каналу, как показано на рисунке 4.2.1, б). При этом целесообразно, чтобы объем материала, вынутого из траншеи под ж/б канала (желоба), был равен объему насыпов, уложенные под углом по берегам канала, соответственно в количестве n , длиной насыпей, равный l . Тогда должны быть соблюдаться следующее математическое тождество:

$$V_{\text{траншея}} = V_{\text{насыпа}} = S_{\text{траншея}} \cdot L = 2 \cdot n \cdot S_{\text{насыпа}} \cdot l, \quad (4.2.1)$$

где $V_{\text{траншея}}$ – объем материала, вынутого из траншеи посередине русла реки, длиной L м;

$V_{\text{насыпа}} = 2 \cdot n \cdot S_{\text{насыпа}} \cdot l$ – суммарный объем уплотнённых насыпей по берегам канала, в м^3 , где здесь

$S_{\text{траншея}}$ – площадь поперечного сечения траншея, в м^2 ,

$$S_{\text{траншея}} = 0,0001 \cdot b_{\text{т}} \cdot h_{\text{к}} \cdot \text{в } \text{м}^2, \quad (4.2.2)$$

где $h_{\text{т}}$ – глубина траншея, в см ; $b_{\text{т}}$ – ширина выкопанного траншея под ж/б канала (желоба), в см , последняя величина определяется по формуле:

$$b_{\text{т}} = (B_{\frac{\text{ж}}{\text{б}}\text{канал}} + 2 \delta + 2,0), \text{ в } \text{см}, \quad (4.2.3)$$

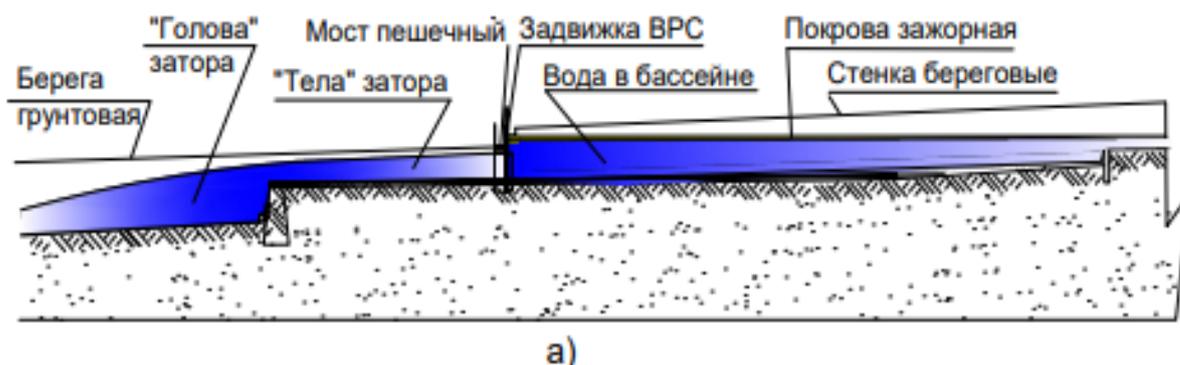
где, $B_{\frac{\text{ж}}{\text{б}}\text{канал}}$ – ширина ж/б канала (желоба) по наружному размеру, см ;

δ – толщина облицовочной стенки ж/б канала (желоба), не более 10 см ;

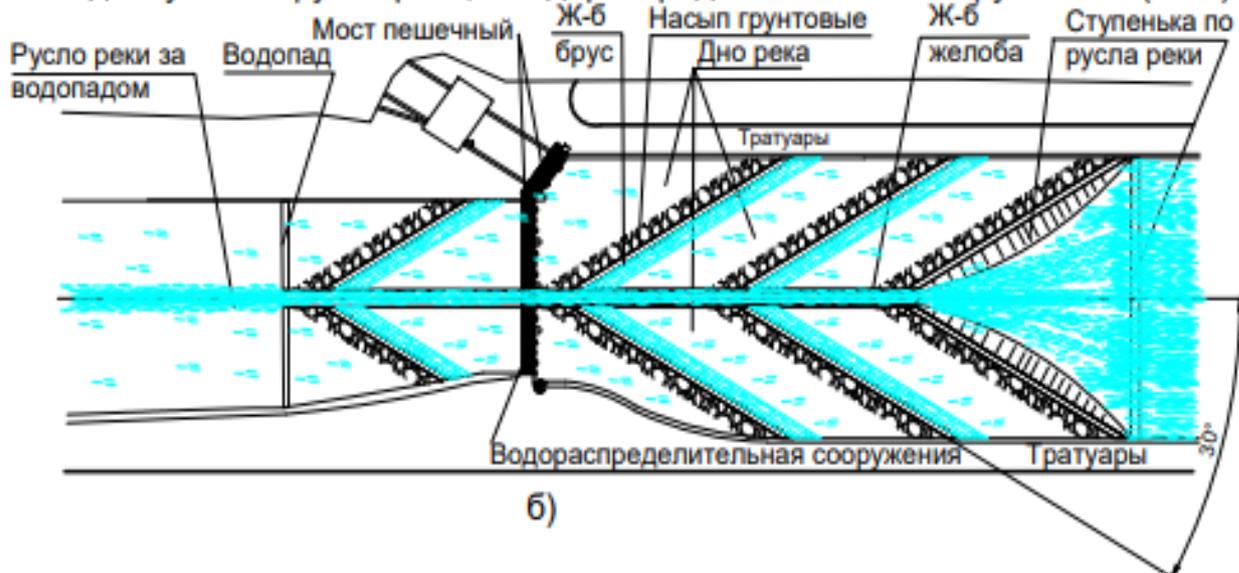
Здесь цифра 2,0 - гарантированный зазор, в см ; $S_{\text{насыпа}}$ – площадь поперечного сечения насыпи, в м^2 . Эта величина является определяемым параметром для укладки на дне реки всех материала вынутые из траншеи под ж/б канала (желоба).

Рекомендуется, что укладки ж/б канала трапецеидальным сечением в выкопанного траншея, выполнить методом заливкой бетонным раствором армированием сеткой, с применением деревянную опалубки, прежде с покрыванием рулонным пленкой на боковые стенки траншеи за железные сетки и арматуры, чтобы грунт со стенки канала не осыпались.

Вид на участок русла реки, с водораспределительным сооружением (ВРС), сечением по середине русла в дол реки



Вид на участок русла реки, с водораспределительным сооружением (ВРС)



Поперечное сечение русла реки



Укладывания материала из под канала и брусьев (бортовки) на дне реки

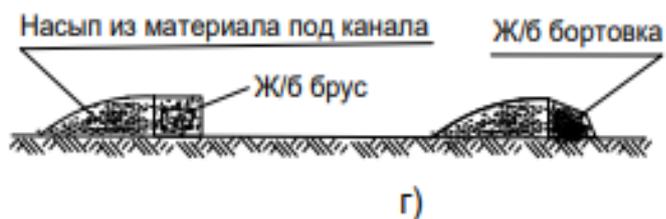


Рисунок 4.2.1 - Общий вид на участок после модернизации гидротехнического водораспределительного сооружения на русле реки Ала-Арча: а) вид на участок с ВРС в продольном сечении по середине русла реки, в период затора закупоркой шугасодержащим замёрзшим «телом» все пороги ВРС, видом образованного бассейна покрытым шугасодержащим наплывом (зажором); б) вид сверху на модернизированного (проект) участка реки с защитным сооружением, где по среднему порогу ВРС уложен насквозь ж/б канал (ж/б желоба), и по нему текут воды из подо – льда, унося примесей; в) вид на поперечное сечение с ж/б каналом; г) вид на дна реки с укладыванием материала из под траншея на насып по дно реки, согласно рис. 4.2.1, б)

под ж/б канала, при сооружении гидротехнического устройства на участке реки, длиной L , в m . Здесь при формировании профиля траншея со спецтехникой, приходится выполнять с прямоугольным профилем. Поэтому при расчёте $S_{\text{траншея}}$ приходится принять во внимания. В связи с этим обстоятельством, ж/б канала будут иметь минимальные боковые уклоны. Поэтому могут перетерпеть изменения формы профиля ж/б канала и уточняться при выполнении проектных работ.

Обозначим среднюю ширину русла реки буквой B , в m . Зная исходные измерением натуральные размеры русла реки и траншея под ж/б канала, укладки насыпи под углом α , выразить объем вынутого материала из траншеи

$$V_{\text{траншея}} = S_{\text{траншея}} \cdot L, \text{ в } m^3 \quad (4.2.4)$$

Исходя из равенства (4.4.1), находим искомую величину $S_{\text{насыпа}}$:

$$S_{\text{насыпа}} = V_{\text{траншея}} / 2 \cdot n \cdot l, \text{ в } m^2, \quad (4.2.5)$$

где n — количество насыпов на одном берегу канала в русле реки;

l — средняя длина насыпов на дне русла реки, которая определяется по формуле:

$$l = \frac{B - 0,01 \cdot b_T}{2 \sin \alpha}, \text{ в } m. \quad (4.2.6)$$

Из формулы (4.2.4) и (4.2.6) получим искомую величину

$$S_{\text{насыпи}} = \frac{V_{\text{траншея}}}{2 \cdot n \cdot l} = \frac{V_{\text{траншея}} \cdot \sin \alpha}{n \cdot (B - 0,01 \cdot b_T)}, \text{ в } m^2. \quad (4.2.7)$$

Полученные параметры площадей поперечного сечения насыпи из материала грунта, вынутого из траншеи под ж/б канала, позволяют планировать рационального распределения объема грунта на дне реки, с оптимальной и желаемой формой укладки насыпа в ряд валом, с уплотнением, для придания обтекаемой форме параллельными насыпами из грунта. Для исключения смыва насыпов, будут уложены, как на рисунке 4.2.1, г), по их длине брусьев или будут заливать железобетонные бортовки, с

армированные железными решётками. Тогда повышаются долговечность службы защитного сооружения на любых затороопасных участках реки.

Количества парных (двусторонних) насыпей по берегам траншея или с ж/б канала до сооружения (согласно рисункам 4.2.1) будут достаточными по 3 пары, после сооружения будет достаточны одна пара. Укладка насыпи выполняются равномерным распределением высотой с уклонным откосом, параллельным уплотнением трамбовкой валом с равным поперечным сечением $S_{\text{насыпи}}$, определяемое по формуле (4.2.7). Допускается трамбовки насыпов портативным пневмомолотом, пракикуемые на стройках.

4.3. Разработка конструкции модернизированного гидротехнического сооружения, предотвращающего формирования заторов льда на ВРиРГТС

Разработка модернизации гидротехнического сооружения начинается на основе всестороннего изучения натуральной конструкции существующего объекта, составлением набросков общего вида, нанесением размеров на чертёж. Наличие фотоснимков облегчают работы с измерением при изучении конструкции элементов сооружения для модернизации. На рисунке 4.3.1, представлена натуральной модель конструкции сооружение с видом сбоку. Сооружение (см. рис. 4.3.1) в виде металлоконструкции, состоит из стандартных прокатных металлов: швеллеров и угольков. Например, стойки с направляющими; балки рамные; балки конструкции моста пешеходного, деревянным настилом из швеллеров от № 10П до № 18П, включительно. Далее, заслонки листовые, с толщиной до 10 мм, размерами 1950 на 1200 мм, в количестве 8 единицы, с сварными рёбрами жёсткостей из прокатного угольника № 8 на тыловой стороне стенки, и конструкцией кронштейнов, для шарнирного крепления их с подъёмными винтами диаметром 50 мм, прямоугольным профилем резьбы. На рисунках 4.3.2 и 4.3.3 представлены разработанные чертежи на модернизацию данного сооружения. Проект модернизация сооружений, состоит для одного порога с шлюзным затвором, размерами 1950 на 1200 мм, и толщиной листовой сталью, до 10 мм.

Рассчитан расход воды через желоба, зная её площадь поперечного сечения по формуле как площади трапеции:

$$W_{\text{п}} = (b + B_{\text{б}}) \cdot H_{\text{п}}/2, \text{ и } W_{\text{п}} = (1,20 + 1,95) \cdot 1,2 \cdot 0,5 = 1,575 \text{ м}^2.$$

Расход воды при площади поперечного сечения желоба, проходящей через одного и по середине, из восьми порогов с заслонками на сооружении при ширине борта равной 1,95 м, живым сечением равное $W_{\text{п}}=1,57 \text{ м}^2$, при скорости потока $v = 1,0 \text{ м/с}$ будет равен $Q = 1,57 \text{ м}^3/\text{с}$, что больше на 14%, чем расход воды в меженный зимний период, что равный $1,38 \text{ м}^3/\text{с}$.

Для конструктивной модернизации сооружения требуется наращивать одному из среднюю заслонку на 1200 мм вниз, трапециадальным контуром, соответствующей форме поперечного сечения внутреннему контуры стенки ж/б канала наращиванием лишь длину подъемного винта этой заслонки, как представлена на рисунках 4.2.2 и 4.2.3. Ж/б канал целесообразно закладывать в траншею выкопанную по середину русла и ниже дна реки заливкой ж/б раствора по опалубкам с размерами “живого сечения” трапецеидальной форме, нижним основанием 1200 мм, глубиной канала 1200 мм и верхним размером оснований трапеции равные ширине существующей заслонки ВРС и равным 1950 мм. На рисунке 4.3.1 представлен общий вид модернизируемого сооружения, на рисунке 4.3.2 видом с переди и сзади модернизированное сооружение, а также видом открытым не до конца поднятой средней заслонки над ж/б каналом. Для наглядности конструкция представлена на рисунке 4.3.2, в цветном изображении, выполненной на программе AutoCAD 20.

Конструктивная разработка элементов для модернизации сооружения исходим из таких же ассортиментов прокатных стальных материалов, как в составе существующего сооружения, где швеллера №16, наращиванием высоты на 1200 мм четыре единицы стойки и из двух горизонтальных балок, из того же размера прокатного швеллера.

На рисунке 4.3.3 представлены конструктивные элементы модернизируемые элементы с параметрами, как заслонка, трапецеидальным контурным удлинением, с указанными размерами, (сваренными к заслонке с прямоугольными размерами 1950x1200 мм), общей высотой 2400 мм, и его ходовой винт, длиной 3100 мм, и дополнительные элементы: 4 шт. стойки из швеллера №16, длиной по 1200 мм; 2 шт. балки из швеллера №16, длиной по 2000 мм. Разработка строительства ж/б канала живым сечением в форме равнобедренной трапеции, с геометрическими параметрами, определенные в известных параметрах: нижнее основание трапеции по 1200 мм и верхний



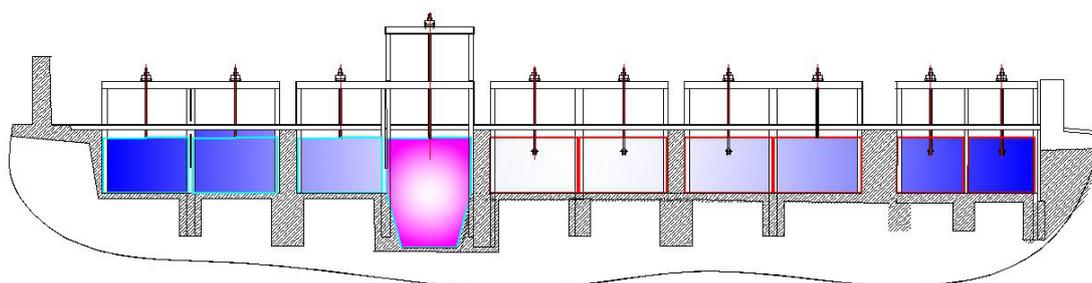
Рисунок 4.3.1 - Вид весной, по направлению съёмки, с Востока на Запада и под острым углом зрения на переднюю стенку листовых заслонок

1950 мм, при глубине 1200 мм. Эти размеры могут обеспечить расход $Q = 1,57 \text{ м}^3 / \text{с}$ при скорости речного потока $v = 1,0 \text{ м/с}$.

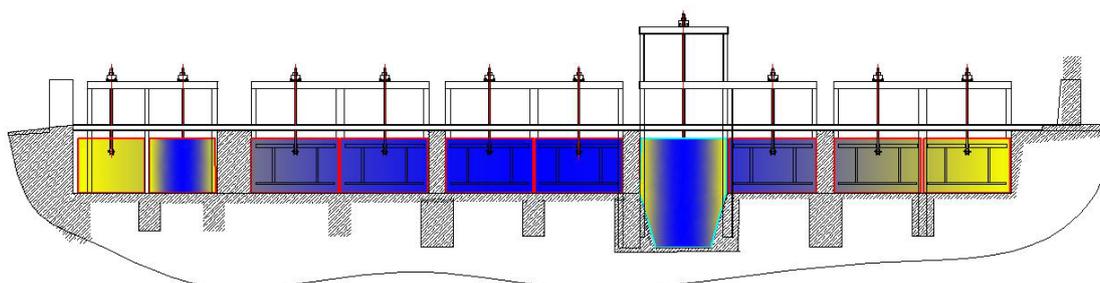
Модернизацию следует организовать демонтажом с расширением и углублением одного из среднего порога сооружения и укладкой железобетонного канала с выдержкой его выше указанные необходимые размеры трапецидальным формам сечений, в период отсутствия воды в русле река

Ала-Арча, когда идут наборы на верхних бассейнах накопления воды, т.е., до городского поливного сезона. Траншею следует выкопать с применением эксковатора по нанесенной разметочной линии, согласно разработанного строительного проекта.

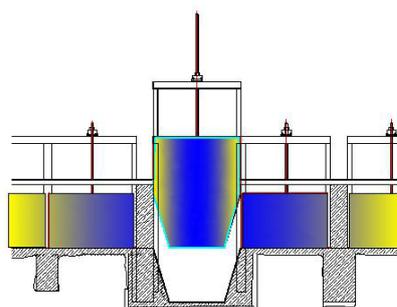
Конструктивно, общие всесторонние виды защитного сооружения, после модернизирования ВРиРГТС на участке ул. Скрыбина и Малдыбаева в г. Бишкек представлены на рисунке 4.3.2, где видны закрытая заслонка, видом спереди окрашены оранжевым, видом сзади темным.



Вид на сооружение, спереди. Заслонки закрыты



Вид на сооружение, сзади. Заслонки закрыты



Вид на часть сооружения, сзади.
Заслонка открыта

Рисунок 4.3.2 – Общие виды модернизированного водораспределительного сооружения

Конструктивная разработка элементов для модернизации сооружению исходит из имеющихся сортаментов прокатных стальных материалов, в виде швеллера номера №16, наращиванием высоты на 1200 мм четыре единицы

стойки и из две горизонтальной балки, из той же прокатного швеллера. На рисунке 4.3.3 представлены с конструктивными параметрами элементы заслонки, таких как имеющие ходовые винты с гайками , длиной 3100 мм; 4 шт. стойки из швеллера №16, длиной по 1200 мм; 2 шт. балки, из швеллера №16, длиной по 2000 мм; часть заслонки, трапецеидальным контуром, указанными контурными размерами, сваренными к заслонку с прямоугольными размерами (1950x1200) мм.

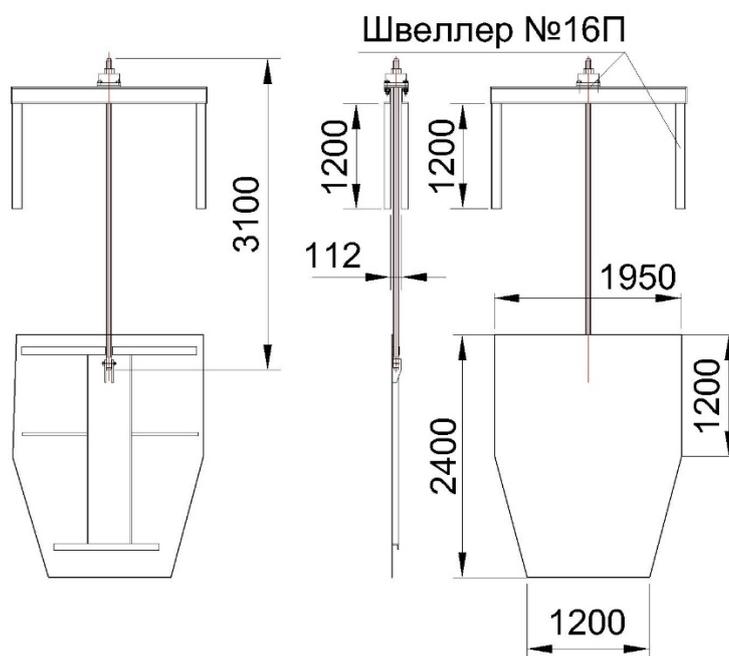


Рисунок 4.3.3-Конструктивные элементы заслонки над ж/б желобом трапецеидальной форме, с реально конструктивными размерами

Разработка строительства ж/б желоба живым сечением в форме равнобедренной трапеции, с геометрическими параметрам, определенные в третьей главе работы и в известных параметрах: оснований трапеции по 1950 мм и нижний 1200 мм, при глубине 1200 мм, обеспечить расход $Q = 1,57 \text{ м}^3 / \text{с}$ при скорости речного потока $v = 1,0 \text{ м/с}$. На практике скорость потока воды по желобу будут больше до 20 процент, чем на русле реки. Этот расход больше чем в меженный, как зимний период потока воды, что равны $Q = 1,38 \text{ м}^3 / \text{с}$, [2; 13]. Для чего в период набора воды на верхних бассейнах, до городского поливного сезона, как на рисунке 2.3, выполнить

строительные работы, применением с эксковатора, по нанесенной разметочной линией, как на рисунке 4.2.2, выкопать трапецеидального профиля канала с уплотнением боковые откосы, по середине русла реки, с расчетом на толщины стенки ж/б желоба, на не менее 12 см, с уложением на откосах и на дне канала сетки мак. Такое строительства обходится не дорого и эффективны. Любая средняя заслонка сооружение позволяет соорудить сквозного ж/б желоба, выше указанными геометрическими размерами. Количества парные насыпи по берегам канала с желобом до сооружения будут достаточными по 5 пара, после сооружения будет достаточны одна пара. Укладывая насыпа выполнить равномерным распределением высотой с уклонным откосом, сопровождением уплотнением трамбовкой.

Допускается трамбовки насыпов пневмомолотом .

4.4. Выводы по главе

Установлены исследованием, что заторообразование на реке Ала-Арча более опасно, чем на р. Аламедин, так, как на речке Аламедин заторы в черте г. Бишкек обнаружены не были, потому что на реки Аламедина, в черте г. Бишкек, где мосты автомагистралей и других участках, берега высокие и дно русла реки узкие и вогнутые, и где воды текут подо-льдом, журча. На реке Ала-Арча, наоборот, русла реки широкие, местами более 20-метровые, дно плоские, зажорные заторы в суровые зимние периоды очевидные стихийные явления. Для ликвидации их осуществляют лишь применением мощные техники и мобилизацией людей. Разработку модернизацию ВРиРГТС направлена на прекращения формирования заторов из зазора, в суровые зимы и затраты на модернизации водораспределительного сооружения конструктивно не сложны в изготовлении и укладывая ж/б желоба через сооружения выполнимы. Сроки окупаемость не более затраты на ликвидации одного зимнего затора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе рассмотрены две опасные природные явления: селевые потоки, сформированные ливневыми дождями, и заторы льда с зажорами 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, и на это получен ПАТЕНТ на изобретение за № 2140, от 2019 года, «Устройство для защиты от селевых потоков».

2. Разработан математическая модель физического процесса формирования шаровидной шуги на реке Ала-Арча в период суровой зимы, из которых состоит материалы зажора в реке и исследованы с разработкой математической модели формирования из зажорной массы «головы и тела» затора от пороги водораспределительного сооружения и водопадом на участке реки Ала-Арча, где, там хвостовым торцом “тела” затора из зажора 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 насып 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 патенты 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, поступающие сверху потоком в бассейн на входе в желобу.

5. Обоснован проект модернизация 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 проекта, будут предотвращены формирования заторов на данном участке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сборник тезисов и Программа Первой Евразийской конференции «Инновации в минимизации природных и технологических рисков» с 22 по 24 мая 2019 года, в г. Баку, Азербайджан.
2. Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики (Изд. 19-е с изм. и доп.), Б.: МЧС КР, 2022- 842 с. (см. из Google. Часть II. Глава 10. Город Бишкек).
3. Перов В.Ф. Селеведение. Учебное пособие. М., Географический факультет МГУ. 2012. С. 272.
4. Псарев М. О движении сели (овражных выносов), бывшем причиной катастрофы в г. Ордубате и в селении Акулисах Нахичеванского уезда. – “Зап. Кавказского отделения РГО”. Тифлис, 1885, т. 17, с. 1–16.
5. Белая Н. Л. Моделирование внутригодового распределения дождевых селей в горных регионах мира. Автореф. дисс. на соиск. учен. степ. канд. геогр. наук, М., 2005. 23 с.
6. Михайлов К.А. Селевые явления и борьба с ними – «Гидротехника и мелиорация». 1971, N 5, с.119.
7. Логинов Г.И. Гидравлические процессы при водозаборе из горных рек / Бишкек. Изд-во КРСУ, 2014. 196 с.
8. Бийбосунов И.Б. Бийбосунов А.И. Орозобекова А.К. Селевые потоки на территории юга Кыргызстана и оценка их опасности Вестник ТУ “ДАСТАН”, 1999г. с 28-36.
9. Кожогулов К.Ч. Защита населения и крупных геотехнических объектов Кыргызстана от природных и природнотехногенных катастроф. Путь к инновационной экономике, благополучной экологии. Под науч. рук. акад. Т.Койчуева-Б. Илим. 2017. С 190-216.
10. А.Т. Ильясов - Сток и водный баланс речных бассейнов Киргизии, вып. 43 (58) (1969) Л., (Google; ксерокопия на 297 с).
11. ПАТЕНТ 2140 КГ Кыргызпатент, /Т. Жумаев, К.Ч. Кожогулов, А.К. Орозобекова; А.Ш. Токтогулова. Устройство для защиты от селевых потоков.

SU № 859531 А1, кл. E02B 3/02, 1981; заял.20.04.2018; опубл.30.04.2019. Бюл. № 4. 1 н.п.ф., 3 ил.

12. Часть II. Мониторинг и прогноз чрезвычайных ситуаций в пределах областей и районов Кыргызской Республики. Глава 10. Город Бишкек. Pdf <https://cloud.mail.ru/public/nApY/dHLYicVhP>. (дата обращения: 16.04.2023).

13. Берденников В.П. Физические характеристики льда заторов и зажоров. – Труды ГГИ, 1965, вып. 129, с. 19-43.

14. Берденников В. П. Методы расчета давления заторных и зажорных масс льда на сооружения. — Труды ГГИ, 1967, вып. 148, с. 3—28.

15. Берденников В.П. Модельные исследования механизма заторообразования для обоснования схемы ледозадержания на р. Днестре и определения ледовых нагрузок. – Труды ГГИ, 1974, вып. 219, с 31-56.

16. Берденников В.П., Шматков В.А. Натурные и лабораторные исследования образования заторов льда. – Труды IV гидрологического съезда, 1976, т. 6, с. 361-370.

17. Бузин В.А. Зажоры и заторы на реках России. Санкт-Петербурге. 2016 ГГИ 2016. 242 с.

18. Донченко Р. В. Методы расчета зажорных и заторных уровней воды на зарегулированных участках рек. — Труды ГГИ, 1986, вып. 323, с. 3—19.

19. Донченко Р. В. Ледовый режим рек СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. - 247 с.

20. Рымша В. А., Донченко Р. В. Метод расчета (прогноза) условий образования внутриводного льда. - Труды ГГИ, 1962, вып. 93, с. 52-67.

21. Рымша В. А., Донченко Р. В. Исследование и расчеты замерзания рек и водохранилищ. — Труды ГГИ, 1965, вып. 129, с. 3—19.

22. Проскуряков Б.В., Берденников В.П. Метод модельного исследования разрушения ледяного покрова. – Труды ГГИ, 1972, вып. 192, с. 7-23.

23. Проскуряков Б.В., Берденников В.П. Метод оценки мощности заторов льда на реках при использовании опорных кривых. – Труды ГГИ, 1978, вып. 2001, с. 38-54.

24. Проскуряков Б.В., Берденников В.П., Винников С.Д. Метод расчета ледяного затора торошения. – Труды V гидрологического съезда, 1989, т. 7, с. 53-61.
25. Чижов А. Н. К вопросу об исследовании шуговых явлений на горных реках. — Труды ГГИ, 1958, вып. 65, с. 84—99.
26. Чижов А. Н. Особенности зажорообразования на горных реках.— Труды ГГИ, 1972, вып. 192, с. 44—52.
27. Чижов А.Н. О механизме формирования заторов льда и их типизация. – Труды ГГИ, 1975, вып. 227, с. 3-17.
28. Чижов А.Н. Формирование ледяного покрова и пространственное распределение его толщины. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 127 с.
29. Методические указания по борьбе с заторами и зажорами льда. – Л.: Энергия, 1969, ВСН-028-70. – 151 с.
30. Токтогулова А.Ш. Общность образования и ущерба от селевых потоков и заторов льда на реках, а также методы исследований и борьбы с ними. // Вестник КРСУ. 2022. Т. 22. № 12. С. 131-135.
31. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения проектирования. СНиП 2.01.15-90. М., 1991. 32 с.
32. Хмельник С.И. Существование глобального решения уравнений. Навье-Стокса для сжимаемой жидкости. «Доклады независимых авторов», изд. «DNA», Россия-Израиль
33. Способ создания селезащитного сооружения. Инновационный патент Республики Казахстан KZ A429624 кл. E02 B3/02 (2006.01)
34. Кожантов У.О. Геомеханическое обоснование параметров горных работ по сооружению селезащитных котлованов. Алма-Ата, 1990-83 с.
35. Байнатов Ж.Б. Конструкции селезащитных сооружений и методы их расчета. Аналитический обзор. Алма-Ата, 1991. 159 с.

36. Бузин В.А., Дьяченко Н.Ю. Прогноз внутриводного ледообразования и зажоров льда на реке Нева. - Метеорология и гидрология, 2011, № 11, с. 94-101.
37. Вартазаров С.Я. Внутриводный лед на горных реках. – Труды сектора энергетики АН ГрузССР, 1941, №1, с.43-50.
38. Донченко Р. В. Модель процесса замерзания рек.- Труды ГГИ, 1980, вып. 270, с. 3-11.
39. <https://weather.rambler.ru/v-bishkeke/09-january/> (дата просмотра 04.02.2023 г.)
40. <https://weather.rambler.ru/v-bishkeke/10-january/>(дата просмотра 04.02.2023 г.)
41. <https://weather.rambler.ru/v-bishkeke/11-january/>(дата просмотра 04.02.2023 г.)
42. <https://weather.rambler.ru/v-bishkeke/12-january/>(дата просмотра 04.02.2023 г.)
43. <https://weather.rambler.ru/v-bishkeke/13-january/>(дата просмотра 04.02.2023 г.)
44. <https://weather.rambler.ru/v-bishkeke/14-january/>(дата просмотра 04.02.2023 г.)
45. <https://weather.rambler.ru/v-bishkeke/15-january/>(дата просмотра 04.02.2023 г.)
46. <https://weather.rambler.ru/v-bishkeke/16-january/>(дата просмотра 04.02.2023 г.)
47. <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=38353&month=1&year=2018> (дата просмотра 04.02.2023 г.)
48. Чугаев Р.Р. Гидравлика (Теническая механика жидкости) –“Энергия” Ленинградское отделение, 1975, 600 с., с ил.
49. Нежиховский Р.А. Коэффициенты шероховатости нижней поверхности шуголедяного покрова. - Труды ГГИ, 1964, вып. 110, с. 54-85.

50. Уравнение Эйлера. Системы дифференциальных уравнений для идеальной жидкости <https://studfile.net/preview/5663303/page:10/> (дата 05.12.2022 г.; 05.09.2023 г.)
51. Попов Е.Г. Затопы льда и проблема борьбы с ними. – Метеорология и гидрология, 1968, № 8, с. 45-47.
52. Рекомендации по расчету зазорных явлений в нижних бьефах ГЭС.- Л.: Гидрометеоздат, 1977.- 31 с.
53. Гидротехнические сооружения / Н. П. Розанов, Я. В. Бочкарев, В. С. Лапшенков и др. под ред. Н. П. Розанова. - М.: Агропромиздат, 1985. - 432 с.
54. Синотин В.И. Скоростная структура потока, текущего подо льдом. – Материалы симп. МАГИ по льду. Л., 1965, т. 5, с. 84-85.
55. Синотин В.И. О гидравлическом расчете потока в период движения в нем льда. – Метеорология и гидрология, 1967, № 9, с. 70-78.
56. Синотин В.И. Затопоробразовательные процессы и их регулирование в целях борьбы с наводнениями. – Гидротехническое строительство, 1972, № 8, с. 22-28.
57. Донченко Р. В. Физические свойства внутриводного льда (шуги). - Труды ГГИ, 1956, вып. 55, с. 5-40.
58. Филиппов А.М. Модельные исследования вовлечения льда под кромку ледяного покрова. – Труды ГГИ, 1973, вып. 201, с. 24-31.
59. Цибликин Б.Ф. Моделирование пропуска льда при проведении лабораторных гидравлических исследований. - Труды ГГИ, 1972, вып. 192, с. 30-36.
60. Шуляковский Л.Г. О затопях льда и затопных уровнях воды при вскрытии рек. – Метеорология и гидрология, 1951, № 7, с. 45-49.
61. Шуляковский Л. Г. Появление льда и начало ледостава на реках, озерах и водохранилищах. Расчеты для целей прогнозов.- Л.: Гидрометеоздат, 1960.- 216 с.

62. Шуляковский Л. Г., Басурина В. М. Расчет начала ледостава на реках в естественных условиях и в условиях регулирования стока.- Труды Гидрометцентра СССР, 1967, вып. 8, с. 12-29.
63. Готлиб Я.Л. Зажорообразование и пропускная способность русла в нижнем бьефе Братской ГЭС. – Труды корд. совещаний по гидротехнике, 1968, вып. 42, с. 383-394.
64. Донченко Р. В. Физические свойства внутриводного льда (шуги). - Труды ГГИ, 1956, вып. 55, с. 5-40.
65. Донченко Р.В., Филиппов А. М Баюсова М. И., Чачина Н. С. Исследования и расчеты интенсивности шугообразования и зазорных явлений на 180 зарегулированных участках рек. - В кн.: Труды IV Всесоюз. гидрол. съезда, Л., 1976, т. 6, с. 351—360.
66. Берденников В. П. Расчет некоторых элементов зажоров на реках Ангаре и Енисее.- Труды ГГИ, 1958, вып. 65, с. 100—121.
67. Берденников В.П. Динамические условия образования заторов льда на реках. – Труды ГГИ, 1964, вып. 110, с. 3-11.
68. Берденников В.П. Физические характеристики льда заторов и зажоров. – Труды ГГИ, 1965, вып. 129, с. 19-43.
69. Берденников В. П. Методы расчета давления заторных и зазорных масс льда на сооружения.- Труды ГГИ, 1967, вып. 148, с. 3-28.
70. Берденников В.П. Модельные исследования механизма заторообразования для обоснования схемы ледозадержания на р. Днестре и определения ледовых нагрузок. – Труды ГГИ, 1974, вып. 219, с 31-56.
71. Берденников В.П., Шматков В.А. Натурные и лабораторные исследования образования заторов льда. – Труды IV гидрологического съезда, 1976, т. 6, с. 361-370.
72. Бузин В.А. Результаты расчета зажоров в состоянии равновесия. – Труды ГГИ, 1989, вып.345, с.54-62.
73. Бузин В.А. Методы прогнозов заторных и зазорных явлений. – Труды V гидрологического съезда, 1989, т. 7, с. 312-319.

74. Бузин В.А. Результаты расчета параметров теоретических моделей заторов льда по данным гидрометрических наблюдений. - Труды ГГИ, 1991, вып. 354, с. 3-11.
75. Бузин В.А., Болотников Г.И., Филиппов А.М. Методы изучения, расчета и прогноза заторов и зажоров. - Сб.: Проблемы современной гидрологии, Л.: Гидрометеиздат, 1989, с. 220-231.
76. Бузин В.А. Исследования в области расчетов заторных уровней воды. – Метеорология и гидрология, 1989, № 3, с. 95-101.
77. Мишель Б. Критерий гидродинамической устойчивости фронтальной кромки ледяного покрова. – Труды XI конгресса МАГИ, Л., 1965, т. 5, с. 69-70.
78. Добронравов В. В., Никитин Н. Н. Курс теоретической механики – М.: Высш. Школа, 1983. – 575., ил.
79. Караушев А. В. Речная гидравлика. Курс общей и специальной гидравлики для гидрологов. Ленинград. 1969. С.417.
80. Спицын И.П., Соколова В.А. Общая и речная гидравлика. Ленинград Гидрометеиздат 1990. С.358.
81. Дербенев М.В. Математическое моделирование чрезвычайных экологических ситуаций, вызванных ледовыми заторами на реках. Диссертация. Москва 2006.
82. Болдаков Е.В. Жизнь рек. - М.: Гостехиздат, 1953. - 64 с.
83. Уравнения Новье Стокса. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения: 17.10.2022).
84. Патент 2141 KG Кыргызпатент, / Т. Жумаев, К.Ч. Кожоголов, Г. Дж. Кабаева; А. К. Орозбекова; А.Ш. Токтогулова; Сооружение для предотвращения заторообразований на реке. SU № 1313948 А1, кл. E02B 15/02, 1987; заял. 20.04.2018; опубл.30.04.2019. Бюл. № 4. 1н.п.ф., 7 ил.
85. Аюпов В.В. Математическое моделирование технических систем: Учебное пособие. – Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2017. - 242 с.
86. Рабинович Е.З. Гидравлика. М., «Гос. изд. ф-м. л», 1961, с.408.

87. Токтогулова А.Ш. Методы борьбы с возникновением заторов и зажоров на реках Ала-Арча и Аламедин в черте города Бишкек // Известия вузов Кыргызстана. - 2021. - № 6. - Бишкек. - С. 12–17.
88. Патент 2250 KG Кыргызпатент, / Т. Жумаев, К.Ч. Кожогулов, Г. Дж. Кабаева; А.Ш. Токтогулова. Гидротехническое сооружение для предотвращения заторообразований на реке. № 2021, кл. E02B 15/02, 1987; заявл.15.05.2020; опубл.15.06.2021. Бюл. № 6/1. 1н.п.ф., 8 ил.
89. 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.
90. 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.
91. 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.
92. 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.
93. Токтогулова А.Ш. Исследование процесса формирования “головой и тела затора” между водосооружением и водопадом на участке русла реки Ала-Арча [Текст] / А.Ш. Токтогулова, Г.Дж. Кабаева, Т. Жумаев // Вестник КРСУ. 2023. Т. 23 №8. С.111-118.
94. Маматканов Д.М., Бажанова Л.В., Романовский В.В. Водные ресурсы Кыргызстана на современном этапе. НАН Кыргызской республики/ Институт водных проблем и гидроэнергетики. Бишкек: Илим, 2006. – 265 с.

95. Мельников Б.И., Рудаков И.К. Обоснование параметров, исследование пропускной способности и наносозащитных свойств криволинейных в плане порогов// Пути совершенствования средств гидроавтоматики в мелиорации. – Бишкек: Сб. науч. тр. КСХИ им. Скрябина, 1995. с. 178 – 185.
96. Мельников Б.И., Рохман А.И., Гутник В.Г., Логинов Г.И. Усовершенствованные автоматизированные водозаборные гидроузлы ирригационного назначения// Наука и новые технологии № 6- II часть (приложение). – Бишкек, 2000. – с. 148-151.
97. Мельников Б.И., Логинов Г.И. Совершенствование средств противонаносной защиты на водозаборных гидроузлах ирригационно-энергетического назначения// Кишноварз. №2. –Душанбе: Научно- произв. журнал Таджикского Гос.университета. 2004. с 60 – 65.
98. Попов И.В. Деформации речных русел и гидротехническое строительство. - Л.: Гидрометеиздат. 1965. – 286 с.
99. Проектирование гидротехнических сооружений / Волков И.М., Кононенко П.Ф., Федичкин И.К. и др. – М.: Колос, 1977. – 384 с.
100. Логинов Г.И. Обоснование конструкции промывного тракта водозаборного сооружения. - Бишкек: Наука и новые технологии, №3, 2013. - С. 43 – 46.
101. Логинов Г.И. Движение двухфазного потока жидкости (вода наносы) на криволинейном участке русла// - Бишкек: Вестник КРСУ, 2010, том 10, №2. - С.93 – 97.
102. Лавров Н.П., Шипилов А.В., Логинов Г.И. Пропускная способность промывного тракта водозаборного сооружения для деривационных ГЭС в зимнем режиме эксплуатации. – СПб: Инженерно-строительный журнал. 2013. №4(39). С. 60–69.
103. Лавров Н.П., Логинов Г.И., и др. Водозаборный гидроузел для деривационной ГЭС на реке Мерке // Гидротехническое строительство, № 10, 2012- М.: НТФ «Энергопрогресс» .- С. 37 – 40.
104. Лавров Н.П., Логинов Г.И., Торопов М.К. Водозаборное сооружение для деривационной ГЭС на р. Иссык-Ата //Гидротехническое строительство, № 12, 2008- М.: НТФ «Энергопрогресс» .- С. 5 – 9.

105. Гидротехнические сооружения для малой энергетики горно-предгорной зоны / Под ред. Н.П. Лаврова. – Б.: Салам, 2009. – 504 с. Данелия Н.Ф. Водозаборные сооружения на реках с обильными донными наносами. М.: Колос, 1964. – 336 с.
106. Дианов В.Г. Водозаборное сооружение на реках. – Ташкент: Узбекистан, 1974. – 112 с.
107. Логинов Г.И., Абдурасулов И. Регулирование стока горных рек для целей орошения и гидроэнергетики// Проблемы строительства и архитектуры на пороге XXI века: Материалы междунар. научно-практ. конференции, посвященной 45-летию образования строительного факультета КГУСТА – Бишкек: Илим, 2000. – с. 131-138.
108. Логинов Г.И., Токтогулова А.Ш., Дуйшоков К.Д., Жумаев Т. Теоретические основы методов предотвращения заторов льда на реках Ала-Арча и Аламедин в черте города Бишкек. // Известия КГТУ. № 1 (69). – Бишкек, 2024. – С. 284-290.
109. 12. Логинов Г.И., Токтогулова А.Ш., Дуйшоков К.Д., Жумаев Т. Модернизация гидротехнического сооружения для предотвращения формирования заторов льда на участке русла реки Ала-Арча // Известия КГТУ. № 2 (70). – Бишкек, 2024. – С. 687- 695.
110. Cecen K. Wasserfassung aus Gebirgflussen und uber die Bemtssung und Berechnung der Absetzbeken fur Wasserkraftanlagen. Mitteilungen 13. Institut fur Wasserbaum und Wasserwirtschaft. Aachen, 1976.- 294 pp.
111. Edson Ch. C. Hydraulic drop as a function of velocity distribution//Civil Engineering, Engineer's Notebook. – 1654.- p. 64-65.
112. Francis I.R.D. Experiments on the motions of solitary grains along the bed of a water-stream. – Proc. Roy Soc. L., 1973, A 332, p. 443-471.
113. Giesecke J., Mosonyi E.: Wasserkraftanlagen Planung, Bau und Betrieb4., aktualisierte und erweiterteAuflage mit 368 Abbildungen Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005.- 830 pp.
114. Howarth J. Coanda hydro intake screen testing and evaluation Scott Davis Microhydro. A mother Earth News Book for Wiser Living. 2001. 225 pp.

115. Prus-Chacinski T.M. Patterns of motion in open channel bends. Journal of the institution of water engineers / vol. 10, № 5, august, 1956. – p. 369 - 375.
116. Schucky A. The flow around bends in an open flume. Thans. Amer. Soc/ Civ. Engr., vol. 115, 1950.- 49 pp.
117. Seminara. G &Solari. L. 1998. Finite amplitude bed deformations in totally and partially transporting wide channel beds. Water Resour. Res. 34, 1585-1594.
118. uadocs.exdat.com/docs/index-98645.h.- речъ Н.А. Назарбаева на XII внеочередном съезде партии «Нур Отан». Астана 15.05.2009.
119. Zolezzi G., Seminara (2001), Downstream and upstream influence in river mending. Part 1. General theory and application to overdeepening, J. Fluid Mech., 438, p 183 – 211.
120. Zolezzi G., Repetto R., Tubino M., Toropov M., Serafini M. Mathematical modeling of silting in Kugart river, Kyrgyzstan/ River Costal and EsturineMorphodynamics: RCEM 2007 – Dohmen-Janssen &Hulscher (eds), Taylor & Francis Group. London, 2008. pp. 1179-1189.

ПРИЛОЖЕНИЯ



«Утверждаю»

Проректор по научной работе
Кыргызского государственного
технического университета
им. И. Раззакова,
Арзыбаев А.М.

27.03 2025 г.

Акт внедрения результатов диссертационной работы
Токтогуловой Айчурек Шеркуловны на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 05.23.07 – гидротехническое строительство
на тему: «Разработка способов и устройств защиты от селевых потоков и
заторов льда на реках Кыргызстана»

- 1. Автор внедрения:** Токтогулова Айчурек Шеркуловна.
- 2. Наименование диссертационной работы:** «Разработка способов и устройств защиты от селевых потоков и заторов льда на реках Кыргызстана»
- 3. Краткая аннотация:** На территории Кыргызстана зимой и весной возникают такие опасные природные явления, как заторы, зажоры на реках, и как их следствие наводнение прибрежных территорий. Яркие примеры этих явлений имели место зимой 2012-2013, 2017-2018 годы, и повторились зимой 2022-2023, но значительно слабее. Например, в декабре 2018 года в г. Бишкек на реке Ала-Арча, вследствие ледохода и шугохода образовались заторы и начался перелив. Создалась реальная угроза подтопления жилых домов прилегающих территорий, объектов инфраструктуры, некоторые улицы и дома в г. Бишкек были частично подтоплены. При этом службы МЧС столицы быстро среагировали, и угроза была ликвидирована. Причем, заторы образовались в наиболее труднодоступных для очистки ото льда местах: мостах и гидротехническом водораспределительных сооружениях, где невозможно было применить для работы специальную технику. На этих опасных участках аварийные работы велись вручную.

Заторы бывают не только на реках Ала-Арча, но и на других реках на территории Кыргызской Республики. Но так как они протекают вдали от населенных пунктов или в горных ущельях, то заторы не несут действенной угрозы жителям нашей республики. Или русла рек, проходящие через населенные пункты и города, имеют высокие берега и высотные дорожные мосты, на которых заторы не так страшны. Это и реки Ак-Бура (г. Ош), Нарын (г. Нарын).
- 4. Эффект от внедрения:** Внедрение в учебный процесс Энергетического института Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова в качестве курса по выбору студентов, магистрантов и аспирантов по направлению 760300 «Техносферная безопасность», профиль «Защита в чрезвычайных ситуациях» позволит слушателям освоить знания и навыки по предотвращению чрезвычайных ситуаций на реках.

5. Место и время внедрения: Указанные результаты внедрены (использованы) в учебном процессе кафедры «Техносферная безопасность» в 2024-2025 учебном году по дисциплинам «Мониторинг и предупреждение чрезвычайных ситуаций» и «Современные методы научных исследований», а также при выполнении студентами курсовых проектов, выпускных квалификационных работ и магистерских диссертаций.

6. Форма внедрения:

- чтение лекций и практические занятия по тематике работы во взаимосвязи с будущей профессиональной деятельностью обучающихся, введение новых теоретических и практических разделов;
- освоение новых методик исследования, анализа прикладных задач охраны окружающей среды.

Директор Энергетического института
к.т.н., доцент



Акпаралиев Р.А.

Заведующий кафедрой «Техносферная
безопасность» к.т.н., доцент



Омуров Ж.М.

Соискатель



Токтогулова А.Ш.

Подписи заверяю
Начальник УЧР



Мусаева А.К.

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН
ӨЗГӨЧӨ КЫРДААЛДАР
МИНИСТРЛИГИ



ӨЗГӨЧӨ КЫРДААЛДАРГА
МОНИТОРИНГ ЖҮРГҮЗҮҮ,
БОЖОМОЛДОО ДЕПАРТАМЕНТИ

720033, Бишкек ш., Манас пр., 101/1, Жумабек көч., 203/1
Тел.: (0312) 323071
э/с 4407011101001838
КР ФМ алдындагы Борбордук казыналыгы
БИК 440001, ИНН 00401200010021
E-mail: depmon@mail.ru
dep.monit@mail.ru

МИНИСТЕРСТВО
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

ДЕПАРТАМЕНТ МОНИТОРИНГА,
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

720033, г. Бишкек, пр. Манаса, 101/1, ул.Жумабек, 203/1
Тел.: (0312) 323071
р/с 4407011101001838
Центральное казначейство при МФ КР
БИК 440001, ИНН 00401200010021
E-mail: depmon@mail.ru
dep.monit@mail.ru

24.03.2015 г. № 07-27/78
На № _____ от _____

Диссертационный совет Д 05.24.706
при Кыргызском государственном
техническом университете имени
Исхака Раззакова и Кыргызско-
Российском Славянском
университете имени Бориса Ельцина

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Настоящим подтверждаем, что результаты научного исследования Токтогуловой Айчурек Шеркуловны, приведенные в диссертационной работе на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.07 – гидротехническое строительство на тему: “Разработка способов и устройств защиты от селевых потоков и заторов льда на реках Кыргызстана” представляют практический интерес и были внедрены в Департамент мониторинга, прогнозирования чрезвычайных ситуаций при Министерстве чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики.

Результаты диссертационных исследований Токтогуловой Айчурек Шеркуловны позволили значительно расширить перечень значимых факторов и методические основы для исследования природных явлений на реке Ала-Арча в зимний и весенний периоды.

Директор



Д.Дж.Сакыев

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫ



КЫРГЫЗПАТЕНТ

ПАТЕНТ

№ 2140

Ойлоп табуунун аталышы: *Сел агындыларынан коргоо үчүн түзүлүш*

Патент ээси, өлкөсү: *КР УИАнын Геомеханика жана жер казынасын өздөштүрүү институту (КГ)*

Автору (авторлору): *Жумаев Т., Кожоголов К.Ч., Орозбекова А.К., Токтогулова А.Ш. (КГ)*

Өтүнмөнүн № *20180024.1*

Ойлоп табуунун артыкчылыгы: *2018-жыл, 20-март*

Кыргыз Республикасынын Ойлоп табууларынын мамлекеттик реестринде катталган: *2019-жылдын 29-мартында*

Ушул ойлоп табууга берилген өтүнмө ээси (патент ээси) жоопкер болгон патент Кыргыз Республикасынын аймагында ойлоп табууга ээлик кылууга, аны пайдаланууга, тескөөгө, ошондой эле аны башка адамдардын пайдалануусуна тыюу салууга патент ээсинин өзгөчө укугун ырастайт.

Торайым

Д. Молдошова



КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫ



КЫРГЫЗПАТЕНТ

ПАТЕНТ

№ 2141

Ойлоп табуунун аталышы: *Дарыяларда муз тыгындыарынын алдын алуу үчүн курулма*

Патент ээси, өлкөсү: *КР УИАнын Геомеханика жана жер казынасын өздөштүрүү институту (КГ)*

Автору (авторлору): *Жумаев Т., Кожогулов К.Ч., Кабаева Г.Д., Токтогулова А.Ш., Орозобекова А.К. (КГ)*

Өтүнмөнүн № *20180041.1*

Ойлоп табуунун артыкчылыгы: *2018-жыл, 20-апрель*

Кыргыз Республикасынын Ойлоп табууларынын мамлекеттик реестринде катталган: *2019-жылдын 29-мартында*

Ушул ойлоп табууга берилген өтүнмө ээси (патент ээси) жоопкер болгон патент Кыргыз Республикасынын аймагында ойлоп табууга ээлик кылууга, аны пайдаланууга, тескерсеге, ошондой эле аны башка адамдардын пайдалануусуна тыюу салууга патент ээсинин өзгөчө укугун ырастайт

Төрайым

Д. Молдошева Д. Молдошева

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫ



КЫРГЫЗПАТЕНТ

Ойлоп табууга өтүнмө ээсинин жоопкерчилигиндеги
ПАТЕНТ

№ 2250

Ойлоп табуунун аталышы: *Дарыялардагы тыгандардын пайда болушун алдын алуу үчүн гидротехникалык курулмалар*

Патент ээси: *КР УИАсынын Геомеханика жана эсер казынасын өздөштүрүү институту (КГ)*

Автору (авторлору): *Жумаев Таибалды
Кожоголов Камчибек Чонмурунович
Кабаева Гулнара Джамалбековна
Токтогулова Айчурек Шеркуловна (КГ)*

KYRGYZPATENT

Өтүнмөнүн № 20200021.1

Ойлоп табуунун артыкчылыгы: 15.05.2020-ж.

Кыргыз Республикасынын ойлоп табууларынын мамлекеттик
патенттик катталган: 31.05.2021-ж.

Бул патент Кыргыз Республикасынын мыйзамдарына ылайык ойлоп табууга артыкчылыгын, авторлугун жана өзгөчө укугун тастыктайт

Директор  Д. Молдошева

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

1.5. Исследование формирования заторов льда на реке

Ала-Арча методом визуализацией

Одним из методов экспериментального исследования моделированием опасных природных явлений, происходящих без вмешательства или участия человека могут быть изучены наблюдением и сопровождением фото и кино съемкой и средства измерений в длину, в виде 5 метровая рулетка и глубиномер, виде рейка деревянная в 2 метровым длиной, с метрологическими шкалами из ленты в рулетки. Такой метод применим при исследования формирования заторы льда на реках. Для чего были достаточно наличия современного телефонный аппарат марки Redmi DESIGNED BY XI OMI, а также наличия средства передвижения, чтобы приехать до постов наблюдения в любое время, для наблюдения и фото-видео фиксации.

Объектами исследования были участки на реки Ала-Арча, начиная от верхнего автомагистраль г. Бишкека, т.е. Южного объездной дороги до реки БЧК. На реку Алаидин фактически не формировались заметного затора в черте г. Бишкек в те суровые зимние 2012-2013 и 2017-2018 годы, тем более не были в зима 2023 году, в январе месяца, а были заторы на реке Ала-Арча.

Первый пост наблюдения на реке Ала Арча был водораспределительное и регулирующее гидротехническое сооружение (ВРиРГТС) , по улице Скрябина. Второй пост мост на автомагистраль, по ул. Льва Толстого и русло реки Ала-Арча, по ул. Э. Матыева.

Ниже представлены в минимальном количестве фото снимки по местам ситуаций по каждым постами наблюдений с названиями и короткими под рисуночным пояснением. Расстановка под рисуночные цифры составлены: первая цифра до точки, означает номера главы, после точки – номера темы в главе и через тире означает порядковые номера рисунка.

Начнем с предоставим первого рисунка 1.5-1, на (ВРиРГТС) - далее по тексту, являющее объектом первой категории, способствующий формированию заторы льда на реке. Вид на участке на первом пункте наблюдения за объектами и процессами формирования затора льда на реке Ала-Арча.



Рисунок 1,5-1 - водораспределительное и регулирующее гидротехническое сооружение (ВРиРГТС) – далее в текстах. Снимка от 4 апрель 2023 год, вид с востока на запад, по течению воды и находится близ «Института геомеханики и освоения недр» и «Институт машиноведение» НАН КР, также МП водным хозяйством, на ул. Скрябина.



Рисунок 1,5-2 Конструкция пешеходного моста, от ГРС. 13.01.2023 г.



Рисунок 1.5-3. - Фрагмент на русле реки Ала-Арча, началом виды зимы с заторами льда. Участок со ступенькой, выше моста автомагистраль на ул. Ахунбаева. Зима 13 январь 2023 г., утра 10 часов. Температура в атмосфере – 18°С. Движения потока воды шугаход и ледохода



Рисунок 1,5-4 - ГРС, зима 13 январь 2023 г. Фрагменты ручной ликвидации от загорные глыбы с пешеходного моста по ГРС. Мощная техника очистил тыловые стороны ГРС



Рисунок 1.5-5. – снимка от 31 январь 2018 г. за ГРС (Снимка из Google)



Рисунок 1.5-6. – снимка от 31 январь 2018 г. ниже ГРС. (Снимка из Google)



Рисунок 1.5-7. – Мост пешеходный, намного выше ГРС. Снимка февраль 2018 г., уже зима ушла, оставляя слоенные зажорные накопления льда



Рисунок 1.5-8. – Русло реки Ала-Арча, на много выше от ГРС. Вода текут со шугами. Снимка период с декабря 2017 и до 31 январь 2018 года. Река начинает замерзать, так, что заметны тепловые пары от поверхности замерзающего льда, видны на глаз, близи пешеходного моста



Рисунок 1.5-9. – Русло реки Ала-Арча, выше от ВРиРГТС, появляется сало (скопления смерзшихся ледяных игл в виде пятен серовато-свинцового цвета), после обильном выпадении снега и потеплением воздуха под солнечного радиации, на незамерзшую водную поверхность образуется снежура, или снежница, плывущая комковатыми скоплениями, еле возвышающимися над водой, в виде рыхлой не смерзающейся массы, при останове их на внизу формируется загорная наслоения и при морозе воздуха до (- 17 градус)



Рисунок 1.5–10. –Вид выше от ВРиРГТС,. Зажорные накопления. 13 январь 2023 г.



Рисунок 1.5-11 – Русло реки Ала-Арча, видом ввыше от ВРиРГТС, где видны пешеходный мост. Чтобы зажорные накопления образованные из шуги по берегам не выходили, работали спецтеники и пробивали ход потоком воды под зажором. Снимка с утра от 13 январь 2023 г. Как видны на рисунке фрагменты массовой шуги, в шарообразном виде, примерно с диаметром 4-5 мм, скопленные в кучу от низкой температуры воздуха (ниже минус 17 градус). Приближением в низ к ВРиРГТС,

возрастает толщины зажорного слоя, за сооружением уже затор «телом» и на водопаде «голова» затора.



Рисунок 1.5-12 – Русло реки Ала-Арча, видом с пешеходного моста в сторону ВРиРГТС, где видны результаты работы спецтеники, где вскрыли поток воды от зажорного покрова, приближая к ГРС. На снимке от 13 январь 2023 г., где как видны силуэты людей, работающие освобождением потока воды на проход через межстойки от ВРиРГТС.



Рисунок 1.5-13 – Вид на зажорные заторы на ВРиРГТС. Снимка 13 январь 2023 г.

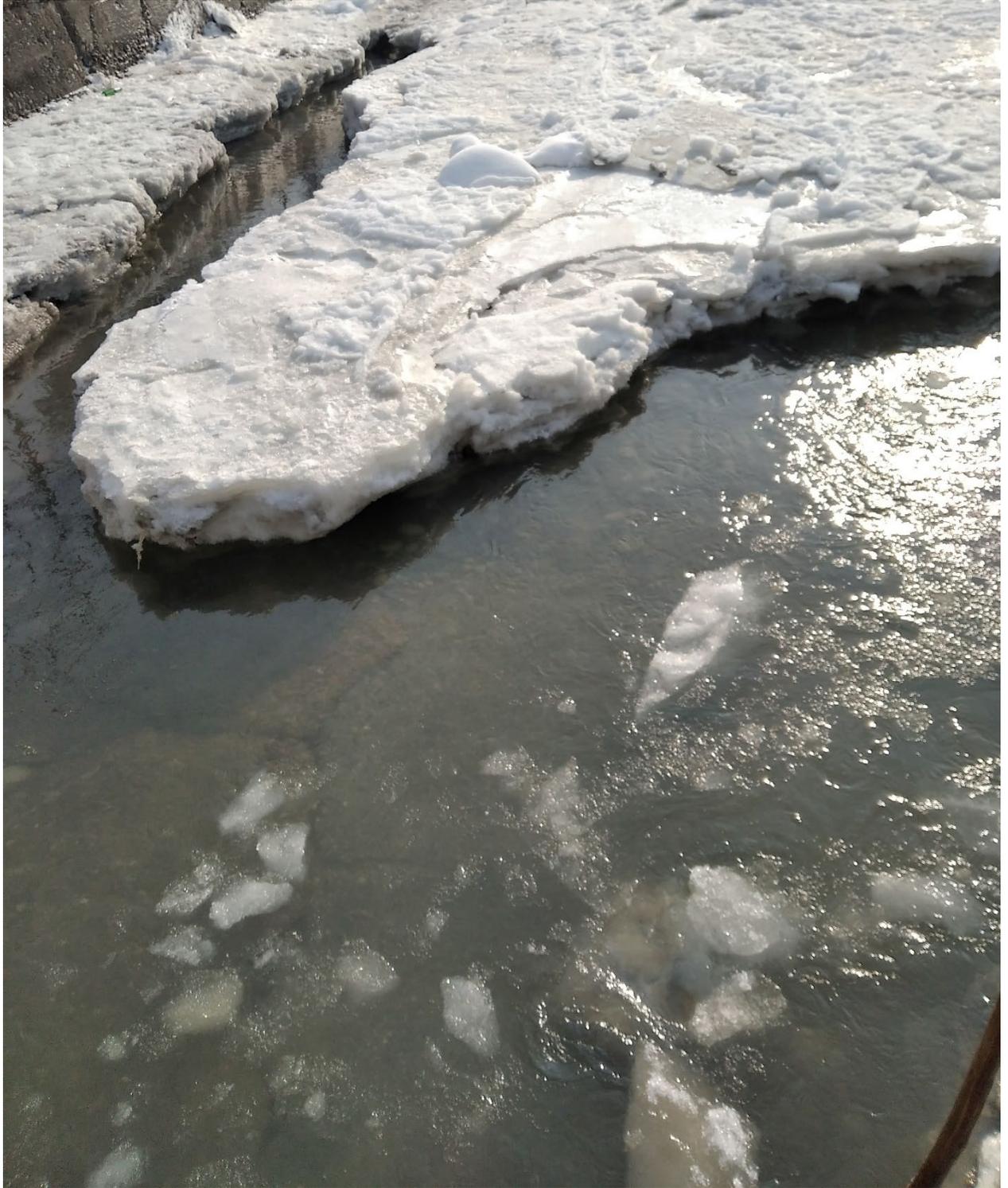


Рисунок 1.5-14 – Вид на освобожденные от зазора поток воды, где потоком воды уносится куски льда и шуги, где они проход за ГРС вновь накопится внизу на заторе из зазора. Снимка 13 январь 2023 г.



Рисунок 1.5-15 – Вид на результаты работы людей, ликвидирующие зажорные заторы у ГРС, путем освобождения ход потокам воды вскрытием зажорные покрова. Снимка 13 январь 2023 г.



Рисунок 1.5-16 – Вид на устройства ГРС, где красная полоса – часть рамки задвижки с винтовым приводом от подвижной гайки



Рисунок 1.5-17 – Вид на результаты работы спецтехники, очищавшие русло реки за ВРиРГТС и продолжающие ликвидацией головы зажорного затора, сформированного на большом объеме от зажорного поступления на водопаде участке русла реки Ала-Арча, на против территории институтов от НАН КР, где там, 13 января 2023 года пешеходные тропа к ним были затоплены.

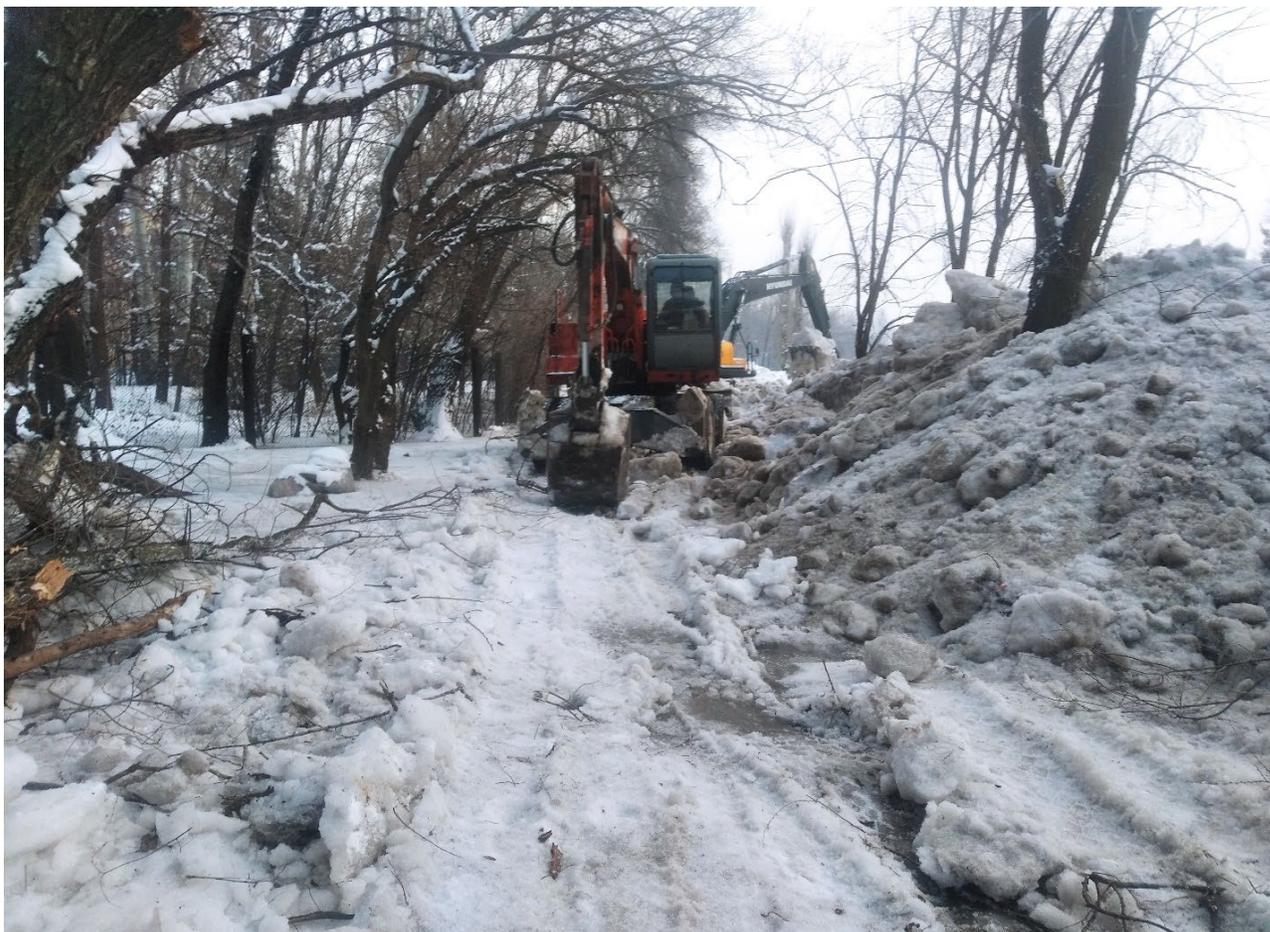


Рисунок 1.5-18 – Вид на результаты работы спецтехники, очищавшие берега русла реки за ГРС, пешеходные тропы к со стороны территории институтов от НАН КР, на 13 января 2023 года были затоплены

Из выше приложенных рисунков ситуаций по первому наблюдательному посту, изложением названий участки событий, описанием там происходящих явлений стало ясно, что для ликвидации заторов от зажорного из шуги льда необходимы освободит потока воды покрова льда. Оказываются в ночную холодную атмосферу зажоры из шарообразной шуги находясь в составе потока воды, (в холодный период зимы температуры воздуха ниже (-17°C) в ночи, в потоке воды около 1°C , формируясь в густую хорошо уплотненную зажорную массу, пользуясь далеко от границы водопада в уклон, перекрывает на совсем выхода воды из русла реки. Таким образом вода, шуговыми шариками поднимаясь на верх

массы зазора текут по уклону и успевают замерзнуть за ночь, при большом отрицательном температуре (см таблицу, переходя в твердое состояние зазорного слоенного льда. На утро будут сформированы мощный зазорный затор, от которого поднялось водяные потоки и были затоплены дорожные тропы, ведущие к организациям, расположенные на правом берега реки Ала-Арча.

Далее приведем фото информации из второго наблюдательного пункта в г. Бишкеке, на реке Ала-Арча в долину ул. Э. Матыева, расположенного выше моста на автомагистраль ул. Льва Толстого, где в зиме 2017-2018 годы был мощный затор на мосту, представленные на рисунке 3.1-2. После выполненные в 2019 году реконструкции ступеньки, как приведенные выше на рисунках с 1.5-22 по 1.5-26 выше моста (см. выше рис. от 1.5-28 до 1.5-31) заторы льда под мостом быть перестал.

Начнем осмотр с веру по русло реки Ала-Арча.



Рисунок 1.5-19- Снимка от 14 января 2023 год. Речка без затора. Вода подо-льдом текут по вогнутым дном реки. Льда лежат по возвышенными берегами



Рисунок 1.5-20- Снимок от 14 января 2023 года. Русло без затора. Видны наверху по руслу видны плотина



Рисунок 1.5-21. Русло реки Ала-Арча, выше моста. На снимке, от 14 января 2023 года видна плотина со ступеньками, близко горизонтальной и по середине есть водопад, вода текут подо-льда. Были в 2017-2018 годы на этом участке (см. рис. 3.1-2) были мощный загорный затор



Рисунок 1.5-22 – Вид на водопад в русло реки Ала-Арча, выше моста. В 2017-2018 годы на этом участке ступенька и платина не были, был хвоста мощного зажорного затора, голова которого аж, была за мостом (см. рис. 3.1-2). На снимке, уже до 14 январь 2023 года, плотина высотой более 2,0 метр, со ступенькой, близко горизонтальной, по краям ниже борта плотины, и по середине есть водопадом, где рабочие водохозяйственной организации ведут профилактическую работы



Рисунок 1.5-23- Участок тот же, что от рисунков 1.5-21, когда зима, а здесь снимка уже от 01 май 2022 года. Как виды, здесь по середине русло реки есть ручья. Поэтому, зимой вода уходит, а льда лежат на возвышениях



Рисунок 1.5-24- Участок тот же, что на рисунке 1.5-23, снимка от 01 май 2022 года, вид на начало плотины от рисунка 1.5-23. Вода падает со 1/2 ступеньки



Рисунок 1.5-25- Участок тот же, что на рисунке 1.5-23, снимка от 01 май 2022 года, вид на середину плотины от рисунка 1.5-23. На дне есть бассейн



Рисунок 1.5-26 - Участок тот же, что на рисунке 1.5-23, снимка от 01 май 2022 года, вид на конце плотины от рисунка 1.5-23



Рисунок 1.5-27 - В русло реки Ала-Арча, также без затора, видом вниз до моста по автодороги по ул. Льва Толстого. На снимке, от 14 января 2023 года видны вскрытый поток речной воды, текущие через крайний проход моста



Рисунок 1.5-28 – Вид на правой крайней проход моста, что на рисунке 1.5-27. Как видны вода протекают зимой и летом через этот проход.



Рисунок 1.5-29 – Вид на средний и правой крайней проход моста, что на рисунке 1.5-27. Как видны вода протекают только через крайний проход



Рисунок 1.5-30 – Вид обратной стороны моста, что на рисунке 1.5-27, снимки от 01 мая 2023 года видны, что тут есть хороший уклон дна реки.



Рисунок 1.5-31 – Вид передней стороны моста, куда поступают по русле вода в под мост, как в рисунке 1.5-27. В снимке от 27 февраля 2023 года видны, что в русле реки есть останки от льда



Рисунок 1.5-32 – Вид на состояние останки льда по русло реки от моста выше. В снимке от 27 февраля 2023 года видны, что есть остатки льда



Рисунок 1.5-33- Участок тот же, что от рисунков 1.5-21 и 1.5-22, когда зима, а здесь снимка 27 февраля 2023 года, покрова льда оттаиваются. Вода грязная. Ряд неподвижные останки льда покрыты глинами и грязные



Рисунок 1.5-34- Вид на русло реки Ала-Арча, видом на вниз на сторону моста на ул. Льва Толстого, здесь снимка 27 февраля 2023 года, имеется покрыва на западной стороне береги. Зимой здесь затор не состоял



Рисунок 1.5-35- Участок тот же, что на рисунке 1.5-23, снимки в 01 май 2022 года, и как рисунков 1.5-21 и 1.5-22, это снимок от 27 февраля 2023 г. Здесь 2017-2018 состоял загорные заторы, а зимой 2023 год не состоял



Рисунок 1.5-36- Участок тот же, что на рисунке 1.5-21. Снимок от 27 февраля 2023 г. Как видно на рисунке с верхней ступеньки поступает вода изо-подо льдом. Затоп не состоял



Рисунок 1.5-37- Участок тот же, что на рисунке 1.5-36, вид сверху. Снимок от 27 февраля 2023 г. С верхней ступеньки поступают вода изо-подо льдом



Рисунок 1.5-38- Участок по русло реки Ала-Арча, видом в верх от моста. Снимок от 27 февраля 2023 г. Зимой здесь затор не был

Изучение формирования затора льда на реке Ала-Арча по двум наблюдательным постам, проводились применением метода натурального исследования наблюдением за физическими процессами и явлениями, фиксацией фото-видео съемкой, что относится к современному методу физического моделирования в технических системах.

Согласно характера объекта исследования, которыми является формирования заторов льда по отдельным местам, временем года и сезона, планирования проведения исследований были затруднены. Поскольку объектом исследований были природные явления и их последствий, поэтому при выборе метода исследований, было целесообразно применения метода физического моделирования, где здесь моделями являются каждые фиксированные мгновения в виде фото-видео съемки в процесса, явления и устройств, и их формы и геометрические параметры, например, формы живого сечения канала, русло реки, физические характеристики элементов объектов исследований, это плотность воды, зажора, льда, режимов потока

воды в русле, рельефа местности, результаты до и после совершения операций и работ, и другие, в нашем случае получения их качественные рисунки.

Работа над сборкой, выбором, обзором, анализом и синтезом перечисленных и полученных моделей является физический процесс моделирования.

По визуально собранными материалами, в количестве 38 единицы рисунок, предварительного анализа их просмотром, находим не хватки моделей по первому наблюдательному посту, где нет фото информации сразу после завершения ликвидации там заторов. Поэтому проведем дополнительную сборку информации из банка данных – галерея в телефоне из числа файлов сохраненные в других накопителей информации флажках. Их продолжим приложит начиная с номера 1.5.-39 – Остаток зажорного льда по русле реки Ала-Арча, видом вниз, в сторону ВРиРГТС.



1.5-39 – Остаток зажорного льда на русле реки Ала-Арча, видом вниз, в сторону ВРиРГТС



1.5-40 – Остаток зажорного льда на русле реки Ала-Арча, видом вверх, в сторону мост на ул. Ахунбаеа. Съемки от 23 март 2023 года



1.5-41 – Вид на ВРиРГТС на речке Ала-Арча, видом на сооружению



1.5 – 42 - Вид на русла реки Ала-Арча, видом на вверх от ВРиРГТС



1.5 – 43 - Вид на русла реки Ала-Арча, видом на вверх от ВРиРГТС



1.5 – 44- Вид на русла реки Ала-Арча, видом на вверх от ВРиРГТС



1.5 – 45- Вид на русла реки Ала-Арча, видом на ВРиРГТС внизу



1.5 – 46- Вид на мост пешехода в составе ВРиРГТС



1.5 – 47- Вид на русла реки Ала-Арча, с видом на ступеньки на вес ширину русла



1.5 – 48- Вид на русла реки Ала-Арча, видом на ступеньки сверху



1.5 – 49- Вид на русла реки Ала-Арча, видом на останки шуговые накопления



1.5 – 50- Вид на русла реки Ала-Арча, видом на ступеньки с водопадом



1.5 – 51- Вид на русла реки Ала-Арча, видом на состояний дна с островами



1.5 – 52- Вид на русла реки Ала-Арча, видом на ступеньки с горизонтальны дном, предназначенные снижения скорости течения паводковые воды



1.5 – 48- Вид на состава останки из зажорного накопления на берегах русла реки Ала-Арча, шаровидными шугами