

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Юргинский технологический институт
Направление подготовки: 20.03.01 Техносферная безопасность
Профиль: Защита в чрезвычайных ситуациях
Отделение техносферной безопасности

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование системы защиты от разрушения плотин гидротехнических сооружений при быстром подъеме воды на примере ГЭС на р. Кора

УДК 614.8:556.166:627.82.001.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
317Г40	Козлов Юрий Евгеньевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОТБ	Родионов П.В..			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЦТ	Лизунков В.Г.	к.пед.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОТБ	Луговцова Н.Ю.	к.т.н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Спец. по УМР	Журавлев В.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
И.о. руководителя ОТБ	Солодский С.А.	к.т.н.		

Юрга – 2019 г.

Планируемые результаты обучения по основной образовательной программе
направления 20.03.01 – Техносферная безопасность

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные и математические знания, достаточные для комплексной инженерной деятельности в области техносферной безопасности.
P2	Применять базовые и специальные знания в области техносферной безопасности для решения инженерных задач.
P3	Ставить и решать задачи комплексного анализа, связанные с организацией защиты человека и природной среды от опасностей техногенного и природного характера, с использованием базовых и специальных знаний, осуществлять надзорные и контрольные функции в сфере техносферной безопасности.
P4	Проводить теоретические и экспериментальные исследования, включающие поиск и изучение необходимой научно-технической информации, математическое моделирование, проведение эксперимента, анализ и интерпретацию полученных данных, на этой основе разрабатывать технику и технологии защиты человека и природной среды от опасностей техногенного и природного характера в соответствии с техническим заданием и с использованием средств автоматизации проектирования.
P5	Использовать знание организационных основ безопасности различных производственных процессов, знания по охране труда и охране окружающей среды для успешного решения задач обеспечения техносферной безопасности.
P6	Обоснованно выбирать, внедрять, монтировать, эксплуатировать и обслуживать современные системы и методы защиты человека и природной среды от опасностей, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья, безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды.
	Универсальные компетенции
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности.
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.
P10	Демонстрировать знания правовых, социальных, экономических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности.
P11	Демонстрировать способность к самостоятельной работе и к самостоятельному обучению в течение всей жизни и непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Институт	Юргинский технологический институт
Направление	Техносферная безопасность
Профиль:	Защита в чрезвычайных ситуациях
Отделение	Техносферной безопасности

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. руководителя ОТБ

С.А. Солодский

« ___ » _____ 2019 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-17Г40	Козлову Юрию Евгеньевичу

Тема работы:

Проектирование системы защиты от разрушения плотин гидротехнических сооружений при быстром подъеме воды на примере ГЭС на р. Кора

Утверждена приказом директора (дата, номер) №12/С от 31.01.2019г.

Срок сдачи студентов выполненной работы:

08.06.2019 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования – система защиты плотины ГЭС на р. Кора от разрушения при резком подъеме уровня воды в водохранилище.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1 Аналитический обзор литературных источников актуальности мероприятий по организации защиты от разрушений гидротехнических сооружений (далее – ГТС) р. Казахстан. 2 Изучение требований нормативно-правовых актов по организации защиты ГТС от разрушений при подъеме воды в водохранилище. 3 Постановка цели и задач исследования.

	4 Анализ текущего состояния безопасности плотины ГЭС. 5 Разработка способов и инструментов системы защиты плотины ГЭС от разрушения при подъеме воды в водохранилище. 6 Расчет возможного социального ущерба при разрушении плотины ГЭС на р. Кора
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ОТЦ Лизунков Владислав Геннадьевич
Социальная ответственность	ассистент ОТБ Луговцова Наталья Юрьевна
Нормоконтроль	Специалист по УМР Журавлев Василий Александрович

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	07.02.2019 г.
--	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ОТБ	Родионов П.В.			07.02.2019 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-17Г40	Козлов Юрий Евгеньевич		07.02.2019 г.

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 92 страницы, 13 рисунков, 21 таблицу, 5 приложений, 44 источника.

Ключевые слова: гидротехническое сооружение, волна прорыва, чрезвычайная ситуация, затопление.

Объектом исследования данной выпускной квалификационной работы является система защиты плотины ГЭС от разрушения.

Цель работы: Разработка системы защиты плотин гидротехнических сооружений при быстром подъеме воды на примере ГЭС на р. Кора.

В процессе исследования проводилось изучение руководящих документов Республики Казахстан в области обеспечения безопасности гидротехнических сооружений.

В результате с были выявлены нарушения в области обеспечения безопасности ГЭС на р. Кора.

Степень внедрения: начальная.

Экономическая эффективность/значимость работы высокая.

В будущем планируется продолжить детальную разработку с последующим внедрением и анализом эффективности.

Abstract

Final qualifying work contains 92 pages, 13 figures, 21 tables, 5 applications, 44 sources.

Key words: hydraulic structure, breakthrough wave, emergency situation, flooding.

The object of research of this final qualifying work is the system of protection of the dam hydroelectric station from destruction.

Purpose of the work: Development of a system for protecting dams of hydraulic structures with the rapid rise of water on the example of hydroelectric power plants on the river. Bark.

In the course of the study, a study was conducted of the governing documents of the Republic of Kazakhstan in the field of ensuring the safety of hydraulic structures.

As a result, violations were discovered in the area of ensuring the safety of hydropower stations on the Kora River.

The degree of implementation: the initial.

Economic efficiency / importance of work is high.

In the future it is planned to continue the detailed development with the subsequent implementation and analysis of effectiveness.

Обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

МСН 33-01-2012 «Гидротехнические сооружения. Основные положения».

СН РК 3.04-01-2018 «Гидротехнические сооружения» (приложение 1 к приказу председателя Комитета по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 5 декабря 2018 года № 249-нк).

СН РК 3.04-02-2014 и СП РК 3.04-102-2014 «Проектирование бетонных и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений»;

СН РК 3.04-06-2014 «Тоннели гидротехнические».

СП РК 3.04-107-2014 «Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)».

СН РК 3.04-08-2014 и СП РК 3.04-108-2014 «Проектирование, строительство и эксплуатация гидротехнических сооружений на подрабатываемых горными работами территориях».

СП РК 3.04-105-2014 «Плотины из грунтовых материалов».

СН РК 3.04-04-2014 и СП РК 3.04-104-2014 «Плотины бетонные и железобетонные».

СН РК 3.04-03-2018 «Основания гидротехнических сооружений» (приложение 2 к приказу председателя Комитета по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 5 декабря 2018 года № 249-нк).

В работе использовались следующие сокращения:

АСДНР – аварийно- спасательные и другие неотложные работы;

ВБ - верхний бьеф;

ГА – гидроагрегат;

ГСМ – горюче-смазочные материалы;

ГТС – гидротехническое сооружение;

ГЭС – гидроэлектростанция;
ЗКЗ – зона катастрофического затопления;
МРП – месячный расчетный показатель;
НБ – нижний бьеф;
НПУ – нормальный подпорный уровень;
ОПФ – основные производственные фонды;
ПУЭ – правила устройства электроустановок;
СН РК – строительные нормы Республики Казахстан;
СЭВ – строительно-эксплуатационный водосброс;
ФПУ – форсированный подпорный уровень;
ЦПУ – центральный пульт управления;
ЧС – чрезвычайная ситуация.

Содержание

	С
Введение	11
1 Обзор литературы	13
2 Объект и методы исследования	28
2.1 Объект и предмет исследования	28
2.2 Общая характеристика объекта	28
2.3 Обеспечение безопасности на объекте	34
2.4 Физико-географическая характеристика местоположения объекта	39
3 Расчеты и аналитика	42
3.1 Возможные сценарии разрушения плотины	42
3.2 Методика расчета параметров волны прорыва при разрушении ГТС	46
3.3 Расчет волны прорыва при разрушении плотины и определение зоны затопления	49
3.4 Оценка категории риска ГТС	53
3.5 Инженерные решения по защите плотины от разрушения	54
3.5.1 Организация вспомогательного водосброса с отводом воды в русло реки	54
3.5.2 Затвор со встроенными электрообогревательными элементами	55
4 Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	59
4.1 Расчет размера вероятного вреда в случае аварии	59
4.2 Оценка социального ущерба	60
4.3 Расчет затрат на локализацию аварии и ликвидацию ее последствий	62
4.4 Результаты проведенных в разделе расчетов	68
5 Социальная ответственность	70
5.1 Описание рабочего места дежурного. Анализ вредных и опасных производственных факторов дежурного по ГЭС на р. Кора	71

5.2 Анализ выявленных вредных и опасных факторов	71
5.3 Охрана окружающей среды	77
5.4 Защита в чрезвычайных ситуациях	78
5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	78
5.6 Выводы по разделу «Социальная ответственность»	80
Заключение	81
Список использованных источников	83
Приложение А Схема расположений основных сооружений Коринской ГЭС	88
Приложение Б Границы зоны затопления при разрушении плотины ГЭС на р. Кора	89
Приложение В Фюра. 105.000.001 Схема аварийного водосброса	90
Приложение Г Затвор водосливной одноразовый	91
Приложение Д Фюра. 105.000.002 Затвор плотины металлический	92

Введение

На сегодняшний день обстановка с гидротехническими сооружениями на территории Казахстана ухудшается. Это объясняется такими факторами как передача многих гидротехнических сооружений в частную собственность в связи с сокращением финансирования, а также тем, что многие из них уже выработали свой ресурс и нуждаются в капитальном ремонте и реконструкции.

Ущерб от аварии при прорыве плотины на реке как правило весьма большой. В отличие аварий на других сооружениях промышленности, зона разрушений на которых ограничивается в большинстве случаев территорией самого предприятия, а ущерб оценивается стоимостью восстановления разрушенных частей самого сооружения, то ущерб от аварии плотины обычно во много раз превосходит ее стоимость. Это объясняется тем, что помимо человеческих жертв, разрушаются и другие сооружения на реке и её берегах, парализуется деятельность предприятий целых районов, базировавшихся на данном гидросооружении, восстановление же последнего требует не одного года.

Одно из самых страшных наводнений в Казахстане произошло 12 марта 2010 года, когда из-за осадков и таяния снега произошел прорыв плотины водохранилища Кызылагаш в Алматинской области. В результате чего было затоплено несколько населенных пунктов. Больше всего не повезло одноименному поселку, в котором проживали более 2 тыс. человек. Селение было практически полностью разрушено водой, погибли по меньшей мере 43 человека, а на ликвидацию последствий выделили огромную сумму – 53 млн. долларов. Анализ других аварий на гидротехнических сооружениях Казахстана показывает, что причиной разрушения плотин в большей части является невозможность пропуска паводковых вод, что показывает актуальность данной проблемы.

Целью данной дипломной работы является разработка системы защиты плотин гидротехнических сооружений при быстром подъеме воды на примере ГЭС на р. Кора.

Для достижения поставленной цели необходимо последовательно решить следующие задачи:

- изучить нормативно-правовые акты Республики Казахстан и научную литературу по вопросам защиты плотин от разрушения;
- провести анализ обеспечения безопасности гидротехнического сооружения ГЭС на р. Кора;
- смоделировать возможные сценарии развития аварии и провести расчет волны прорыва и зоны затопления в случае разрушения плотины;
- спроектировать систему защиты плотины ГЭС на р. Кора от разрушения.

По результатам проведенной работы будут получены результаты, внедрение которых существенно повысит безопасность плотины ГЭС на р. Кора.

1 Обзор литературы

На сегодняшний день в Казахстане насчитывается более 600 гидротехнических сооружений, из них в системе водного хозяйства функционируют порядка 340 гидроузлов и ГТС, включая 270 водохранилищ с комплексом гидротехнических сооружений. Также 57 водохранилищ и 29 водоподпорных сооружений включены в перечень объектов, имеющих особое стратегическое значение.

В данной работе рассматривается проблема разрушения плотины ГЭС при быстром подъеме воды в водохранилище.

История строительства плотин начинается еще в древней Месопотамии и ближнем Востоке – тогда начали их строить с целью регулирования уровня воды. Самая ранняя плотина, которая известна человечеству была построена около 5 тысяч лет назад в Иордании. Она была гравитационной 4,5 м в высоту и 1 м в ширину и представляла собой каменную стену, поддерживаемую земляным крепостным валом шириной 50 м.

Интересным как с исторической точки зрения, так и с технической являются сооружения римских инженеров, которые для строительства плотин использовали каменную кладку. Кроме того, они показали высокую степень изобретательности, вводя значительное количество инноваций при строительстве крупных искусственных водоёмов, предназначенных для водоснабжения поселений даже в засуху. Они использовали водонепроницаемые растворы и так называемый римский бетон, что предоставляло возможность строить большие плотины, например, плотина в Хомсе (Сирия) крупнейшая на тот момент и используемая по сей день. Самой высокой плотиной до 1305 года являлась построенная римлянами 50-метровая дамба около Рима.

Несмотря на то, что многие плотины тех времен остались лишь в

исторических очерках и упоминаниях, а сохранившееся представляют собой культурное наследие как, например, Банд-э Кайсар – комплекс античных ирригационных сооружений, все таки остались и те плотины, которые выполняют свою функцию и по сей день. Приведем лишь некоторые наиболее яркие сооружения:

- плотина Khlongkathun в Таиланде: построена в 543 г. до н.э., срок эксплуатации более 2500 лет;
- плотины Cornalvo и Proserpina в Испании: построены ок. 100 г. до н.э., срок эксплуатации – около 2000 лет;
- плотина Kallanaï в Индии, на реке Кавери: построена во 2 веке н.э., реконструирована в 19-м веке;
- плотины Ichibanike и Sumiyoshiike в Японии, построенные около 400 г. н.э.;
- плотина Tibi (Alacanti) в Испании, построена в 1594 г., срок эксплуатации более 400 лет.

На территории России тоже есть «долгожитель» среди гидросооружений – это ГЭС «Пороги» на реке Большая Сатка Челябинской области (рис.1). К сожалению, в 2017 году она была остановлена по причине нехватки средств на продолжение эксплуатации, но тем не менее она была пущена в 1910 году и прослужила 107 лет.



Рисунок 1 – ГЭС «Пороги»

Также история показывает и другие ситуации, когда плотины не служили не то что сотнями лет, а не выдерживали и начала эксплуатации. Приведем примеры таких случаев.

В 1928 году в Соединенных Штатах Америки произошло разрушение бетонной арочно-гравитационной плотины Сент-Френсис. ГЭС она не имела, предназначалась для организации водоснабжения. После того как закончилось наполнение водохранилища, плотина простояла всего 5 дней и рухнула (с 7 по 12 марта 1928 г.). Примитивные инженерные изыскания не показали древний разлом, который как раз проходил под основанием плотины, и в результате подвижки грунтов произошло обрушение. Также разрушению предшествовало образование большого количества трещин на самой плотине.

В 1959 году во Франции также разрушилась плотина Мальпассе по причине малоизученности пород основания – она не выдержала заполнения водохранилища и рухнула сразу после окончания процесса заполнения.

Еще один случай произошел в США, но уже в 1976 году – разрушилась грунтовая плотина Тэтон (рис.2), высота которой составляла 93 м. В данном случае причиной стал ее размыв из-за повышенной фильтрации через породы основания плотины. Данный процесс развивался постепенно и его смогли заметить, хоть и не успели предотвратить, но жителей эвакуировали и обошлось без жертв.

В 1975 году в Китае была разрушена грунтовая плотина Баньцао, высота которой составляла 24,5 м. Причиной разрушения стал перелив воды через ее гребень, который случился как следствие недостаточной пропускной способности холостых водосбросов в период экстремального паводка. Плотина была рассчитана на паводок с повторяемостью раз в 1000 лет, а случился паводок с повторяемостью раз в 2000 лет. Также существенное влияние на прорыв плотины оказал человеческий фактор – решение об открытии водосбросов было принято несвоевременно.

Прорыв плотины Киселёвского водохранилища на реке Каква случился в 1993 году в г. Серов. Возникшее наводнение затопило 69 м² поймы реки,

районы города и несколько поселков. Тогда погибло 15 человек.

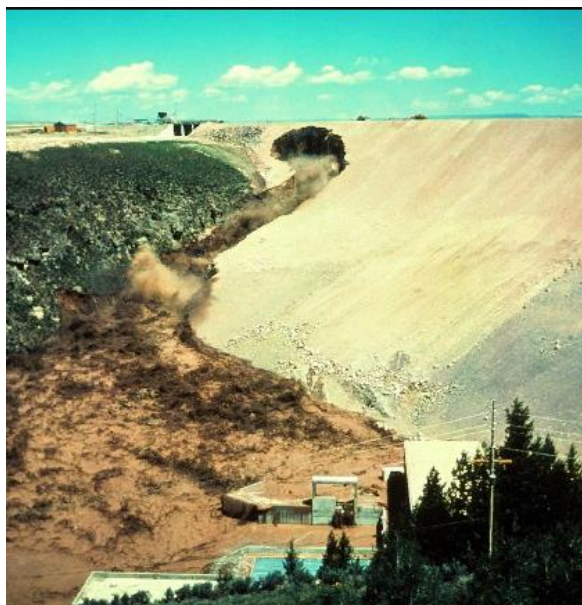


Рисунок 2 – Разрушение плотины Тэтон, США

Как видно из приведенных примеров основные причины разрушения плотин – проблемы с породами основания либо недостаток пропускной способности гидроузла. Первая проблема проявляется при первом заполнении водохранилища. Вторая актуальна для некрупных плотин, как правило ирригационного назначения.

В таблице 1 представлены основные нормативно-правовые акты Республики Казахстан в области обеспечения безопасности плотин.

Таблица 1 – Нормативно-правовые акты Республики Казахстан в области обеспечения безопасности плотин

Нормативно-правовой акт	Область применения
Водный кодекс Республики Казахстан от 9 июля 2003 года № 481-П	<ul style="list-style-type: none"> – Кодекс определяет задачи водного законодательства РК, которыми являются регулирование водных отношений в целях обеспечения рационального использования вод для нужд населения, отраслей экономики и окружающей природной среды, охраны водных ресурсов от загрязнения, засорения и истощения, предупреждения и ликвидации вредного воздействия вод, укрепление законности в области водных отношений; – даны определения понятиям «плотина» и «безопасность плотин»; – определен порядок использования водных объектов и водохозяйственных водоснабжений для гидроэнергетики, в частности установлена ответственность за причинение ущерба; – определен порядок эксплуатации и подпорных гидротехнических сооружений на реках и каналах
Приказ Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от 31 марта 2015 года № 19-4/286 «Об утверждении Правил обеспечения безопасности водохозяйственных систем и сооружений»	<ul style="list-style-type: none"> – определен порядок обеспечения безопасности водохозяйственных систем и сооружений с учетом требований, обязательных для исполнения собственниками водохозяйственных систем и сооружений или эксплуатирующими лицами при строительстве, эксплуатации, ремонте и реконструкции водохозяйственных систем и сооружений; – определены критерии безопасности водохозяйственных систем и сооружений.
Приказ Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от 31 марта 2015 года № 19-4/289 «Об утверждении критериев безопасности водохозяйственных систем и сооружений»	<ul style="list-style-type: none"> – устанавливают основные наблюдаемые и контролируемые в процессе мониторинга технические показатели состояния водоподпорных гидротехнических сооружений водохозяйственных систем и сооружений в Республике Казахстан.

Продолжение таблицы 1

<p>СН РК 3.04-01-2018 «Гидротехнические сооружения» (приложение 1 к приказу председателя Комитета по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 5 декабря 2018 года № 249-нқ)</p>	<p>– нормы определяют минимально необходимые требования к объектам технического регулирования при проектировании и строительстве гидротехнических сооружений на всех этапах их создания и эксплуатации</p>
<p>СН РК 3.04-02-2014 и СП РК 3.04-102-2014 «Проектирование бетонных и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений»</p>	<p>– устанавливают требования к проектированию бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений; – определены требования по обеспечению надежности, требования к эксплуатационным характеристикам, конструктивные и технологические требования; – определены расчетные положения ж/б конструкций на прочность и выносливость, деформации и трещины, а также на температурные, влажностные, сейсмические воздействия</p>
<p>СН РК 3.04-06-2014 «Тоннели гидротехнические»</p>	<p>– распространяется на проектирование и строительство новых и реконструкцию действующих гидротехнических туннелей всех классов, входящих в состав гидроэлектростанций, мелиоративных систем и систем водоснабжения; – представлены требования к конструкциям, материалам, механическому оборудованию, дренажу и цементации тоннелей – Даны основные расчеты по конструкции обделок – установлены требования по предотвращению чрезвычайных ситуаций</p>
<p>СП РК 3.04-107-2014 «Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)»</p>	<p>– В своде правил установлены нормативные значения нагрузок и воздействий от ветровых волн, льда и судов на гидротехнические сооружения; – Даны методики расчетов соответствующих нагрузок</p>
<p>СН РК 3.04-08-2014 и СП РК 3.04-1082014 «Проектирование, строительство и эксплуатация</p>	<p>– Целью документа является обеспечение безопасности, надежности и долговечности гидротехнических сооружений на подрабатываемых горными работами территориях на всех стадиях их жизненного цикла, при условии возможности</p>

Окончание таблицы 1

гидротехнических сооружений на подрабатываемых горными работами территориях	прогнозирования характера и величины деформаций земной поверхности от их подземной разработки, в целях защиты жизни, здоровья людей и животных, имущества и охраны окружающей среды, обеспечения энергоэффективности и ресурсосбережения, а также создания условий для производственного процесса и труда, учитывая его технологические и специфические особенности.
СП РК 3.04-105-2014 «Плотины из грунтовых материалов»	<ul style="list-style-type: none"> – представлены требования по выбору типа грунтовой плотины и ее створа; – даны требования к земляным насыпным и намывным плотинам, каменно-земляным и каменно-набросным плотинам; – представлены физико-механические, фильтрационные и теплофизические характеристики грунтов, используемых для возведения плотин
СН РК 3.04-04-2014 и СП РК 3.04-104-2014 «Плотины бетонные и железобетонные»	– Представлены расчеты плотин, в том числе на прочность, гидравлические расчеты и фильтрационные
СН РК 3.04-03-2018 «Основания гидротехнических сооружений» (приложение 2 к приказу председателя Комитета по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 5 декабря 2018 года № 249-нқ)	<ul style="list-style-type: none"> – Даны требования по обеспечению надежности и устойчивости оснований; – представлены различные расчеты: устойчивости на нескальных и скальных основаниях, фильтрационные расчеты, расчет по деформациям и контактными напряжениям; – требования к сопряжению сооружений с основаниями.

Помимо официальных нормативно-технических документов, регулирующих строительство и эксплуатацию плотин, вопрос безопасности плотин и их разрушения, освещали авторы в своих научных трудах.

Вопросам исследования разрушения плотин посвящено множество работ. В основном материал, изложенный в учебной литературе, носит общий характер, а в многочисленных монографиях по данной тематике рассмотрены более узкие вопросы проблемы разрушения плотин при резком подъеме уровня воды в водохранилище. Но при этом необходимо также учитывать и принимать

во внимание современные условия, в которых появляются новые технологии и материалы.

Как показало изучение литературы научно-исследовательского характера, вопрос именно разрушения плотин по причине резкого повышения уровня воды в водохранилище освещен недостаточно емко. Большое количество работ посвящено разрушению плотин по причине фильтраций через породы основания.

Ф. Форхгеймер первым применил для решения некоторых задач методы теории потенциала. [1]

Американский ученый Ч. Сликтер исследовал проницаемость и пористость, а также предложил фиктивную и идеальную модель пористой среды [2]. Российской школы теории фильтрации была заложена благодаря трудам профессора Н.Е. Жуковского [3] и академика Н.Н. Павловского.

Значительный вклад в развитии данной тематики внесли следующие специалисты: В.И. Щелкачев, М. Маскет, С. Бакли, Д. Катц, У. Херст, А. Шейдеггер, М. Леверетт, Р. Коллинз, Р. Шилсюиз. Выдающийся вклад в развитие теории фильтрации жидкостей и газов в нефтегазоводоносных пластах внесли ученые С.А. Христианович, Б.Б. Лапук, И.А. Чарный, В.Н. Щелкачев и др. [4]. Исследования С. В. Избаша, Е. А. Замарина, Л. И. Козловой, Б. Ф. Караулова, А. П. Вощинина и др. были посвящены вопросу контактного выпора в песчаных грунтах в месте выхода фильтрационного потока в дренаж [5]. Обратный подход к фильтрационному расчету подземного контура плотин был применен в работах И.Н. Кочина и П.Я. Полубаринова-Кочина [6]. Большой вклад внесли работы Павловской Л.Н. [7,8,9,10].

В работе [11] представлены статистические данные, которые показывают ряд причин возникновения аварий на гидротехнических сооружениях. Их статистика представлена на рис. 3.



Рисунок 3 – Причины разрушения гидротехнических сооружений

Безусловно, разрушение плотины можно считать самым опасным разрушением, оно сопровождается возникновением волны прорыва и зоны затопления, являющихся очень опасными для людей и окружающей среды. Прорыв может возникнуть как под действием природных явлений (обвала, землетрясения, урагана), экстремальных паводков, конструктивного дефекта, нарушений правил эксплуатации, разрушения оснований, недостаточной пропускной способности водосбросов, так и в результате техногенного воздействия, включая современные средства поражения в период военного времени. В результате прорыва в теле бетонной плотины образуется брешь, размеры которой оказывают влияние на параметры прорывной волны, являющихся основными поражающими факторами (скорость – может достигать 100 км/ч в горных районах и высота, которая составляет несколько метров), которые в свою очередь зависят от гидрологической и топографической характеристики реки.

Несмотря на огромное количество видов и типов плотин, условий, в которых они эксплуатируются, основные причины разрушения их как правило схожи, а именно:

- недостаточная пропускная способность водоспусков и водосбросов по причине неверного выбора расчетного паводкового расхода;
- в период паводка водопропускные сооружения оказываются в неисправном состоянии;
- авария плотины, находящейся выше по течению.

Также необходимо отметить, что под быстрым подъемом воды в водохранилище стоит понимать скорость подъема порядка нескольких десятков сантиметров в час, что позволяет воде достичь гребня плотины в течение суток, в некоторых случаях даже меньше. [12].

На современном этапе существуют следующие пути решения проблемы разрушения плотины при резком уровне подъема воды в водохранилище:

- 1) строительство дополнительного водосбросного канала с отводом воды в реку;
- 2) наращивание высоты плотины по гребню;
- 3) создание бетонированных устройств для пропуска паводковых вод по схемам быстроточа или водослива путем фильтрации через каменную наброску.

Первый способ наиболее эффективен, но его существенный недостаток в том, что дополнительный канал реализуется посредством взрывных работ, которые сами могут стать причиной разрушений.

Если об угрозе известно заранее, то могут подойти последние два способа, когда есть возможность и ресурсы (финансовые и материальные) провести подготовительные мероприятия и время, для того чтобы бетон достиг необходимой прочности.

Интересное решение данной проблемы предложено Седых А.Н. [13] – он предлагает создание дополнительных водосбросных каналов в виде множества самотечных сифонов, которые перебрасываются через гребень плотины. Когда уровень воды водохранилище доходит до опасных отметок, то на плотину привозят заранее подготовленные узлы, из которых собираются сифоны. Короткое колено каждого сифона опускают под уровень воды в верхнем бьефе,

а длинное колено – под уровень воды в нижнем бьефе, одновременно с этим собирают вакуумную установку, всасывающую камеру которую соединяют трубопроводом с высшей точкой сифона, затем сифоны заполняют водой и в них создается вакуум (рис. 4).

Подводя итог данного раздела можно сказать, что проблема разрушения плотин идет из незапамятных времен, и при этом остается актуальной и по сей день. Многие авторы посвятили свои исследования данному вопросу, но не в широком понимании проблемы, а в более узких направлениях, например, таких как фильтрация в породах основания, которую все же относят к основным причинам разрушения. Немногие авторы занимались исследованиям разрушений плотин при резком подъеме воды в водохранилище, но тем не менее все же исследования и даже патенты в этой области есть. Нормативно-правовая база по гидротехническим сооружениям Республики Казахстан находится в стадии активного обновления, ведь многие нормы уже устарели и требуют актуализации в современных условиях.

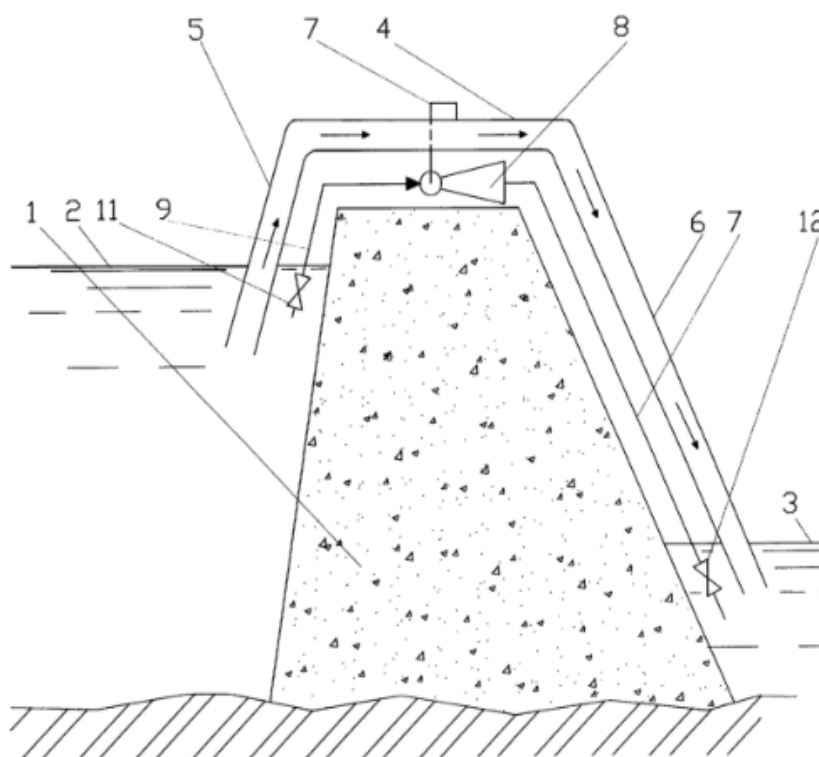


Рисунок 4 – Дополнительные водосбросные каналы в виде множества сифонов

Ниже представлен анализ состояния гидротехнических сооружений на территории Казахстана и статистические данные по авариям на них за последнее десятилетие.

Большинство водохранилищ на территории Казахстана рассчитаны на сезонное и внутрисезонное регулирование стока. Основная масса ГТС представлено сооружениями IV класса капитальности, построенными, как правило, хозяйственным способом и предназначаются преимущественно для нужд сельского хозяйства. Многие из них ни разу не ремонтировались и не реконструировались, при том что срок непрерывной эксплуатации у многих превышает 30-40 лет, часть из них при этом являются бесхозными. Эти факторы приводят к тому, что ГТС находятся в совершенно неудовлетворительном состоянии и могут служить источниками опасности.

В таблице 2 представлены наиболее крупные аварии на гидротехнических сооружениях за последнее время.

Таблица 2 – Статистика аварий на ГТС Республики Казахстан

Дата и место аварии	Характер аварии	Причины	Последствия
19.05.2009 Южно-Казахстанская обл., Шардаринский район	Затопление	Аварийное состояние водопропускных сооружений, обильные дожди	Затоплено более тысячи домов, школа, больница
11.03.2010 Алматинская обл., Аксуский район	Прорыв плотины Кызылагаш	Интенсивное таяние снега, обильные дожди, нарушение правил эксплуатации	Погибли 43 человека, ранены 300 человек, эвакуированы около 1000 человек. Дома: полностью снесены 146; разрушены 251; повреждены 42. Смыт мост. Расходы на восстановительные работы составили более 53 млн. долл. США

Продолжение таблицы 2

31.05.2010 Алматинская обл., с. Еркино	Прорыв береговой шпоры реки Каратал	Паводок	Подтоплено 38 домов
23.06.2010 Алматинская обл., с.Лесновка	Прорыв дамбы на р. Усек	Нет данных	Эвакуировано 2187 чел
10.05.2013 Карагандинская обл.	угроза прорыва плотины водохранилищ а, объемом 1.7 млн.м ³	Нет данных	Эвакуированы жители поселка Койбас
25.02.2014 Кызылординская обл.	переполнение местного водохранилищ а и аварийный сброс из него	быстрое таяние снега, переполнение местного водохранилища и разлив р. Сырдарья,недост аточное количество водопропускных труб через трассу Западная Европа – Западный Китай	Подтопление поселка Жайылма и 3 марта ауыла Бирлик
31.03.2014 Карагандинская обл.	прорыв плотины Кокпектинског о водохранилищ а объемом 1,5 млн. м ³	Талые воды	Погибли 5 человек, 130 голов домашнего скота. Ущерб составил 1,4 млрд. тенге
10.04.2014 Карагандинская обл., Абайский р-н, с. Жумабек	Размыв плотины местного водохранилищ а	Переполнение озера Кокозек, ледяные глыбы повредили тело плотины	Разрушен полностью один дом, несколько домов пострадали
17.07.2014 Алматинская обл., Талгарский р-н	прорыв плотины	Интенсивные осадки	Пострадавших нет

Окончание таблицы 2

13.04.2015 Карагандинская обл.	Угроза прорыва плотин водохранилищ Манака, Танатбай, Байкадам, также Шерубай-Нуринское	Весенний паводок	Пострадавших нет
28.04.2015 Акмолинская обл., Целиноградский р-н, с.о. Оразак	Прорыв дамбы на р. Нура	Паводок	Эвакуированы жители
04.04.2016 Карагандинская обл., Шетский р-н	Прорыв плотины водохранилища а Нижний Нарбак Нура-Сарысусского бассейна	Нет данных	Перелив через автодорогу, размыва обочина дороги. Жертв и пострадавших нет
31.03.2019, Акмолинская обл.	Прорыв Кенесаринской плотины	Не были своевременно определены меры по обеспечению безаварийного прохождения паводковых вод через плотину	Жертв и пострадавших нет

Как видно из таблицы 2, аварии на гидротехнических сооружениях, в частности именно плотинах, на территории Республики Казахстан, совсем не редкость и случаются регулярно. Основной причиной прорыва плотин можно выделить человеческий фактор, куда относятся и безответственное отношение к эксплуатации гидротехнических сооружений, и несвоевременное принятие соответствующих решений, неготовность к предсказуемым паводкам и осадкам. Также неудовлетворительное техническое состояние объектов и недостаточная пропускная способность водосбросных сооружений: их проектирование осуществлялось без расчетов на катастрофический паводок

приводят к авариям.

Из всего вышесказанного становится очевидным, насколько необходимо грамотно относиться к строительству новых и эксплуатации уже действующих гидротехнических сооружений – ведь даже если не реализуется худший сценарий с человеческими жертвами и огромным ущербом, как материальным, так и экологическим, то в любом случае аварии на них приводят к нарушению жизнедеятельности населенных пунктов, нарушению движения автотранспорта, подтоплению территорий.

Результатом данной выпускной квалификационной работы станет разработка системы защиты плотины ГЭС на р. Кора от разрушения при резком повышении уровня воды в водохранилище.

2 Объект и методы исследования

2.1 Объект и предмет исследования

Объектом исследования данной выпускной квалификационной работы является система защиты плотины ГЭС от разрушения.

Методы исследования:

- анализ текущего состояния безопасности плотины путем изучения её функционирования
- прогнозно-ситуационные исследования на предмет возникновения чрезвычайной ситуации;
- поиск и разработка на основе имеющихся возможностей, способов и инструментов системы защиты плотины от разрушения.

Предметом исследования является проектирование системы защиты плотины ГЭС на р. Кора от разрушения при резком подъеме уровня воды в водохранилище.

2.2 Общая характеристика объекта

ГЭС на реке Кора – деривационного типа, с созданием напорного фронта безнапорным деривационным трактом длиной 3,0 км, располагается на территориях Ескельдинского района и г.Текели Алматинской области Талдыкорганского региона (рис. 5).

ГЭС на р. Кора установленной мощностью 28,5 МВт (здание станции №1 – 26,4 МВт, здание станции №2 – 2,1 МВт) и средней многолетней выработкой электроэнергии 107,5 ГВтч (здание станции № 1 – 98,2 ГВтч, здание станции № 2 – 9,3 ГВтч) предназначена для работы в базовой части графиков электрических нагрузок Талдыкорганского региона Алматинской

области Республики Казахстан (рис. 6).

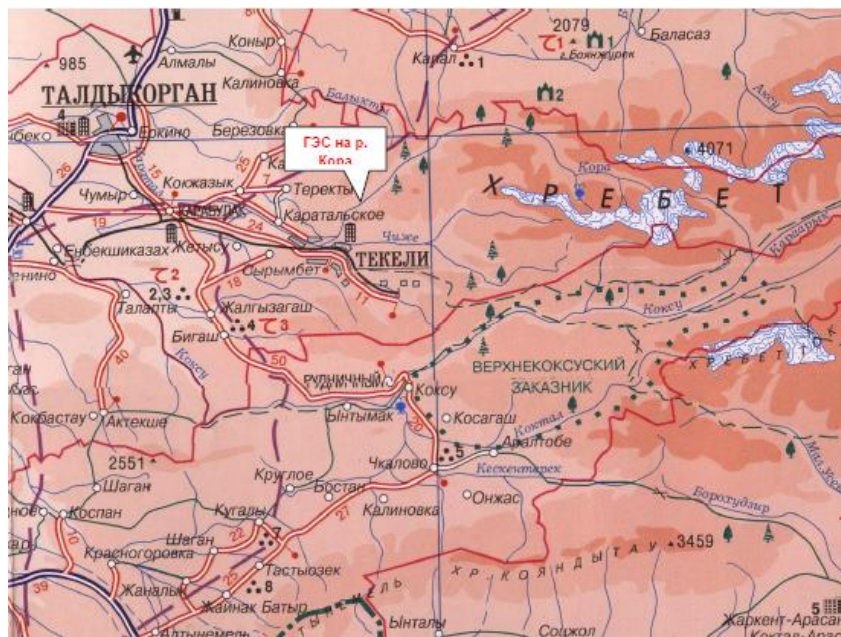


Рисунок 5 – Расположение ГЭС на р. Кора



Рисунок 6 – Здание станции № 1 ГЭС на р. Кора

Основные сооружения ГЭС на р. Кора:

- гравитационная плотина длиной 96 м и максимальной высотой водосливной части 15 м с автоматическим поверхностным водосбросом (рис. 7, рис. 8);
- водозаборное сооружение (расчетный расход до $28 \text{ м}^3/\text{сек}$)
- строительно-эксплуатационный водосброс длиной 102,5 м;

- рыбопропускное сооружение;
- канал-отстойник длиной 285,55 м;
- безнапорный деривационный тоннель длиной 1689 м;
- деривационный канал длиной 659,2 м;
- напорный бассейн длиной 42 м с аванкамерой и водоприемником ГЭС;
- холостой водосброс длиной 691 м;
- водоприемник ГЭС-1;
- напорный турбинный водовод ГЭС-1 длиной 729 м;
- здание ГЭС-1 с четырьмя вертикальными гидроагрегатами;
- отводящий канал ГЭС-1 длиной 131,1 м;
- водоприемник ГЭС-2;
- напорный турбинный водовод ГЭС-2 длиной 382 м;
- здание ГЭС-2 с одним горизонтальным гидроагрегатом;
- отводящий канал ГЭС-2 длиной 39,2 м;
- ОРУ-110 кВ.



Рисунок 7 – Плотина ГЭС на р. Кора



Рисунок 8 – Плотина ГЭС на р. Кора в период строительства

Общая схема ГЭС представлена в Приложении 1.

В таблице 3 представлены основные расчетные данные для заданного режима функционирования ГЭС на р Кора.

Таблица 3 – Основные расчетные данные

Показатель	Значение
Площадь водосбора р. Кора	484 км ²
Среднемноголетний сток	438 млн. м ³
Среднемноголетний расход воды	13,8 м ³ /с
Максимальный расчетный расход воды P=3%	204 м ³ /с
Максимальный поверочный расход воды P=0,5 %	302 м ³ /с
Максимальный наблюденный расход воды	252 м ³ /с
Среднегодовой объем взвешенных наносов	98 тыс. тонн
Среднемноголетняя мутность воды	0,22 кг/м ³
Удельный расход взвешенных наносов	3,1 кг/с
Среднегодовой сток влекомых наносов	29 тыс. тонн
Форсированный подпорный уровень (ФПУ)	1192,7 м
Нормальный подпорный уровень (НПУ)	1190 м
Уровни воды в нижнем бьефе (НБ): при расчетном паводке при поверочном расходе паводка	1063,21 м 1063,3 м

Конструкция плотины ГЭС на р. Кора

Для сдерживания потока воды на реке Кора была выбрана гравитационная бетонная плотина (рис. 9). Длина плотины ГЭС на р. Кора составляет 96 м, а высота 15 м. Центральная водосливная часть длиной 31 м, глухие части: левая длиной 21,7 м; правая длиной 43,3 м. Верховая и низовая грани сооружения и основание выполняются из бетона класса В25, внутренняя часть – из малоцементного бетона класса В7,5.



Рисунок 9 – Плотина

Основанием перегораживающего сооружения являются современные делювиальные отложения – щебень с глыбами, дресвой и песчаным заполнителем. Мощность делювиальных отложений в створе плотины – до 20 м. Основание плотины – нескальное.

Перегораживающее сооружение состоит из береговых глухих частей (устоев) и центральной водосливной части.

Водосливная часть плотины предназначена для пропуска из водохранилища в нижний бьеф паводковых расходов при заданных расчетных уровнях в верхнем бьефе, пропуска шуги, льда и других плавающих тел.

Водосброс представляет собой водослив практического профиля с отметкой порога 1190,0 м. Водослив имеет один пролет шириной 31,0 м. На

низовой наклонной грани водосброс ограничен с обеих сторон стенками высотой 2,0 м (по нормали к поверхности), предохраняющими бортовые примыкания плотины от размыва сбросным потоком воды. Водосброс заканчивается водобойным колодцем с рисбермой, обеспечивающим гашение энергии потока.

Водосброс рассчитан на пропуск расчетного максимального расхода 0,5%-ной обеспеченности $Q = 302 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Для понижения поверхности фильтрационного потока, предотвращения его выхода на склоне нижнего бьефа, ограничения механической суффозии и уменьшения потерь из водохранилища в теле и основании плотины предусмотрены противофильтрационные и дренажные мероприятия. Противофильтрационная завеса перекрывает возможные сосредоточенные пути фильтрации и сокращает общий водоприток.

Подпор, созданный плотиной ГЭС, распространяется на расстояние 0,5 км вверх по течению реки. При этом, площадь затопления водохранилищем составляет с учетом переработки берегов – 3,0 га.

Уровень воды в водохранилище колеблется на отметках 1190 и 1192,7м.

Объем водохранилища:

- при отметке НПУ 1190,0м – 0,1 млн.м³;
- при отметке ФПУ 0,17млн.м³.

Гидротехнические сооружения относятся к потенциально опасным объектам, и основная угроза, которую они несут – это катастрофическое затопление территорий. Оно как правило оказывается внезапным, влечет разрушения зданий и сооружений, приводит к гибели людей и животных, наносит серьезный ущерб сельскохозяйственным угодьям и предприятиям, чья деятельность обеспечивается электроэнергией ГЭС.

Причинами разрушения плотины ГЭС и, как следствие, катастрофического затопления нижерасположенной местности могут стать:

1) природные явления: паводки, землетрясения, обвалы, оползни, размыв грунта;

2) техногенные: эксплуатационно-технические аварии, разрушение элементов конструкций, конструктивные дефекты, нарушение технологии строительства и ошибки проектирования, использование заведомо некачественных материалов, нарушение правил водосбора;

3) террористические акты;

4) современные средства поражения в период военного времени.

В рамках рассматриваемой ГЭС зона затопления в случае разрушения плотины при резком подъеме уровня воды в водохранилище будет рассчитана в третьем разделе настоящей дипломной работы.

2.3 Обеспечение безопасности на объекте

Безопасность на Коринской ГЭС в общем случае обеспечивается по следующим направлениям:

- высококвалифицированный персонал;
- эксплуатация зданий и сооружений в заданном проектом режиме – по водотоку, с учетом отбора воды на нужды водопотребителей на ирригацию и питьевое водоснабжение, а также с учетом природоохранных и санитарных попусков реки Кора;
- система мониторинга;
- документы по эксплуатации зданий и сооружений ГЭС на р. Кора.

Анализ состояния безопасности на Коринской ГЭС представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Анализ безопасности ГЭС на р. Кора

№ п/п	Критерий анализа	Требуется по нормам	Ссылка на пункты норм	Вывод о соответствии
1.	Декларация безопасности ГТС	Эксплуатация подпорных гидротехнических сооружений, соответствующих критериям отнесения плотин к декларируемым, утвержденным уполномоченным органом, без декларирования их безопасности запрещается.	п.3.1 ст.111 Водный кодекс Республики Казахстан от 9 июля 2003 года № 481-П	Соответствует
2.	Организация инструктирования и обучения работников безопасным методам ведения производственного процесса	работодатель обязан проводить обучение, инструктирование, проверку знаний работников по вопросам безопасности и охраны труда, а также обеспечивать документами по безопасному ведению производственного процесса и работ за счет собственных средств	ст. 182 Трудового кодекса Республики Казахстан	соответствует
3.	Периодичность проведения проверок знаний в области безопасности и охраны труда	Обучение и проверка знаний работников по рабочим профессиям осуществляется не реже одного раза в год	п. 7 Приказа Министра здравоохранения и социального развития Республики Казахстан от 25 декабря 2015 года № 1019 «Об утверждении Правил и сроков проведения обучения, инструктирования и проверок знаний по вопросам безопасности и охраны труда работников»	соответствует

Продолжение таблицы 4

4.	Обучение руководителей и работников, ответственных за обеспечение безопасности и охраны труда	Руководящие и работники, ответственные за обеспечение безопасности и охраны труда (далее – ответственные работники), периодически, не реже одного раза в три года проходят обучение и проверку знаний по вопросам безопасности и охраны труда в организациях, осуществляющих профессиональную подготовку, переподготовку и повышение квалификации кадров.	п. 21 Приказа Министра здравоохранения и социального развития Республики Казахстан от 25 декабря 2015 года № 1019 «Об утверждении Правил и сроков проведения обучения, инструктирования и проверок знаний по вопросам безопасности и охраны труда работников»	Соответствует
5.	Проведение технического освидетельствования	Все технологические системы, оборудование, здания и сооружения, в том числе гидросооружения, входящие в состав энергообъекта, подвергаются периодическому техническому освидетельствованию. Техническое освидетельствование производится не реже 1 раза в 5 лет.	п.43 Приказа Министра энергетики Республики Казахстан от 30 марта 2015 года № 247 Об утверждении Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей	Соответствует

Продолжение таблицы 4

6.	Проведение технических осмотров	Периодические осмотры оборудования, зданий и сооружений производятся лицами, ответственными за их безопасную эксплуатацию. Периодичность осмотров устанавливается техническим руководителем энергообъекта. Результаты осмотров фиксируются в специальном журнале.	п.45 Приказа Министра энергетики Республики Казахстан от 30 марта 2015 года № 247 Об утверждении Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей	Соответствует
7.	Наличие необходимой технической документации на объекте	На каждом энергообъекте должен быть полный комплект документов (генплан, план отвода земель, строительная документация с актами приемки работ, комплект действующих и отмененных инструкций по эксплуатации оборудования, зданий и сооружений, должностных инструкций для всех категорий специалистов и рабочих, относящихся к дежурному персоналу, и инструкций по безопасности и охране труда, оперативный план пожаротушения и др.	п.47 Приказа Министра энергетики Республики Казахстан от 30 марта 2015 года № 247 Об утверждении Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей	Соответствует не полностью, так как на объекте отсутствует часть документации по строительству ГЭС

Окончание таблицы 4

8	Наличие системы мониторинга	Гидротехнические сооружения 1, 2 и 3 классов должны оборудоваться системой мониторинга	СНиП РК 3.02-05-2010, Приложение 1	Соответствует
9	Обогрев затворов гидротехнических сооружений	В необходимых случаях обеспечиваются утепление или обогрев пазов, опорных устройств и пролетных строений затворов, сороудерживающих решеток, предназначенных для работы в зимних условиях.	ст. 183 Приказа Министра энергетики Республики Казахстан от 30 марта 2015 года № 247 Об утверждении Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей	Не соответствует

2.4 Физико-географическая характеристика местоположения объекта

Плотина, которая рассматривается в данной работе, располагается на реке Кора.

Река Кора вытекает с ледников Безсонова и Сапожникова Джунгарского Алатау на высоте около 2850 м. Основное питание реки – ледниковое, поэтому максимум расходов достигается к концу мая и паводок держится до конца июля. Расход в устье в это время достигает 50-70 м³/с. Расход, начиная с середины апреля до середины сентября (межсезонье) значительно меньше и составляет 15-40 м³/с и зависит от погодных условий. Питание реки за счет дождевых вод до 10 м³/с в межсезонье и до 20 м³/с летом. По характеру рельефа река делится на три основных участка: участок – вытекающий прямо из-под ледников имеет протяженность около 25 км. Участки с деревьями встречаются только в самом конце, так же, как и тропа. Среднее падение на этом отрезке около 28 м/км.

Долина р. Кора на участке водозаборного узла (отметка 1190 м) узкая и глубокая, с крутыми, местами обрывистыми, каменистыми склонами. По правому склону долины имеют место многочисленные осыпи. Древесная растительность на крутых участках склона подвержена сносу в результате схода лавин. По левому склону долины проложена грунтовая дорога, доходящая до участка проектируемого водозаборного узла. Левый склон долины более пологий, чем правый, и более укреплен растительностью. Количество осей здесь меньше. Склон прорезают русла малых водотоков и логов. Русло р. Кора на участке водозаборного узла узкое, сложено крупными фракциями валунов и гальки. Продольный профиль дна характеризуется уступами, порогами. Течение сильное, бурное.

На участке здания станции (отметка 1060 м) склоны долины не высокие, пологие, заняты посевами зерновых культур и жилыми постройками. Берега высотой 5–7 м, умеренно крутые, валунно-галечниковые, почти лишены растительности.

Гидропост г. Текели расположен у города, в 0,5 км выше слияния с р. Чиже. В 3,5 км выше гидропоста из р. Кора выведен Верхне-Каринский канал с максимальным расходом воды $3\text{ м}^3/\text{с}$. В зимнее время имеют место забереги, шуга, донный лед; в суровые зимы образуется неустойчивый ледостав.

Район расположения ГЭС относится к строительно-климатическому району III, подрайону III В.В соответствии с районированием территории РК, объект расположен в III районе по давлению ветра, толщине стенки гололеда и весу снегового покрова.

Общей чертой климата бассейна р. Кора является его континентальность и суровость.

Средняя годовая температура воздуха равна $5,5^{\circ}\text{C}$.

Отрицательные температуры наблюдаются с ноября по март, в отдельные дни возможны кратковременные оттепели. Наиболее холодные месяцы года январь и февраль со среднемесячными температурами воздуха, соответственно, минус $7,6^{\circ}\text{C}$ и $6,3^{\circ}\text{C}$. Абсолютный минимум температуры достигает минус 36°C .

Летние месяцы (июнь, июль, август) отличаются высокими среднесуточными температурами, абсолютный максимум может достигать 44°C .

Максимальная месячная температура воздуха чаще наблюдается в июле и августе и составляет в среднем $17,6^{\circ}\text{C}$

Среднемноголетняя сумма годовых осадков по данным разных метеостанций составляет от 643 до 811 мм

С марта по июль выпадает около половины годовой суммы осадков, наименьшее количество осадков приходится на январь, февраль, август и сентябрь.

Наибольшее среднемесячное количество осадков в среднем за многолетие – 81 мм выпадает в мае, суточный максимум составляет 93 мм

В период устойчивых положительных температур воздуха (апрель-

сентябрь) осадки выпадают в виде дождя, а с ноября по февраль – в виде снега. В переходный период(октябрь и март) возможно выпадение дождя и снега.

Направление и скорость ветра из всех климатических элементов наиболее подвержены воздействию орографии. В зимнее время (с ноября по март) отмечается преобладание южных и восточных ветров, в весеннее (апрель и май) – западных и юго-западных, летом наблюдаются ветры как западных и восточных, так и южных румбов.

3 Расчеты и аналитика

3.1 Возможные сценарии разрушения плотины

Анализ природно-климатических условий территории размещения ГЭС на р. Кора, показателей природных и техногенных воздействий на ГЭС, компоновки сооружений, их конструкций и опыта эксплуатации позволил выявить основные сценарии возникновения и развития аварий гидротехнических сооружений, способных привести к чрезвычайным ситуациям:

- сценарий С1: перелив через гребень бетонной плотины в сверхрасчётный паводок при снижении пропускной способности водосброса по причине отказа механического оборудования водосбросных устройств или при потере электропитания. в результате перелива разрушится участок плотины с образованием брешы в ее теле, затопление нижнего бьефа;

- сценарий С2: разрушение участка тела бетонной плотины в результате потери статической устойчивости или потери фильтрационной прочности в основании плотины, также возможно в результате землетрясения. что приведет к переливу воды в зоне локального понижения гребня плотины на разрушенном участке даже при нормальном подпорном уровне. В следствие перелива будет происходить размыв разрушенного участка, образуется брешь и произойдет затопление территории нижнего бьефа;

- сценарий С3: разрушение участка деривационного тракта по причине нарушения целостности облицовки из бетона, либо разрушения насыпной части тракта, что приведет к переливу массы воды из деривационного канала на прилегающую к Коринской ГЭС территорию.

На рисунках 10, 11 представлены деревья отказов для головных событий для сценариев С1(наиболее опасного) и С2 (наиболее вероятного).

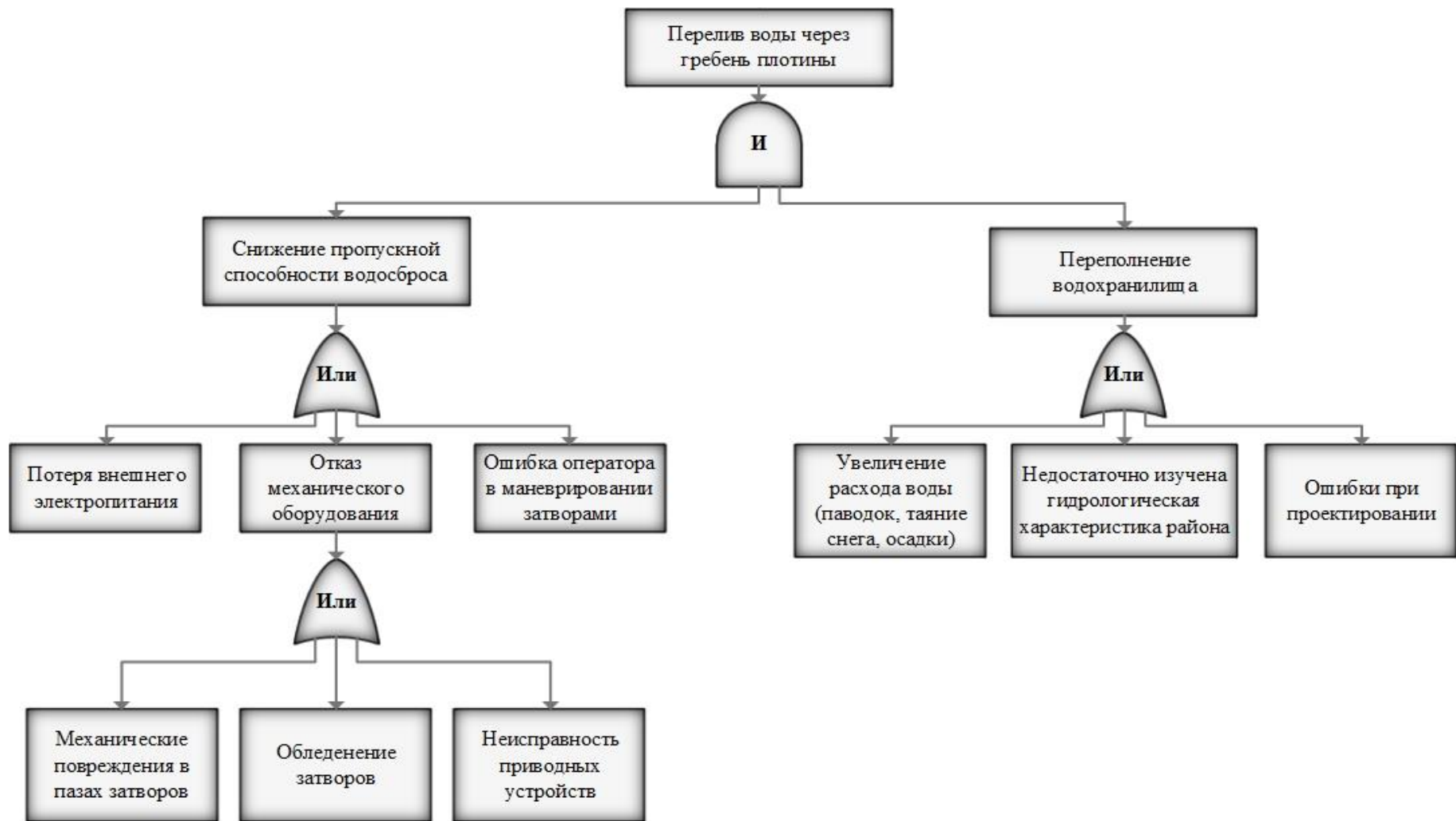


Рисунок 10 – Дерево отказов для сценария «Перелив воды через гребень плотины»

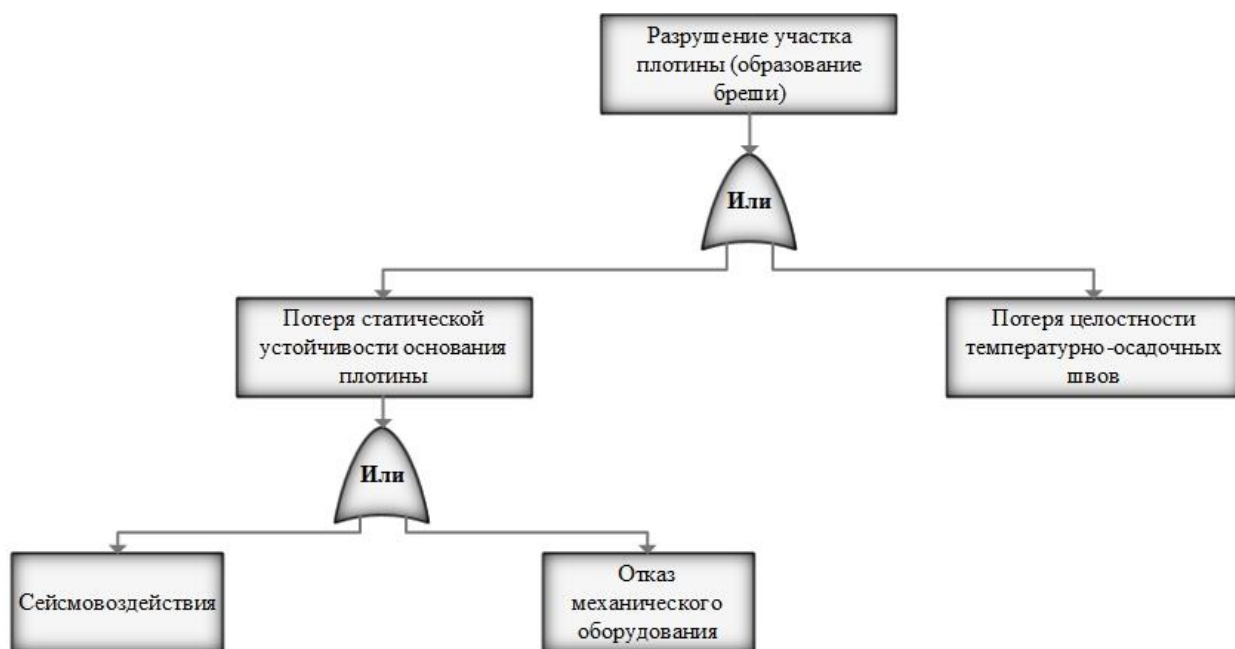


Рисунок 11 – Дерево отказов для сценария «Разрушение участка плотины»

Наиболее опасными можно считать первый и второй сценарии, приводящие к обширному затоплению территории в нижнем бьефе в случае разрушения плотины ГЭС.

На затопляемой территории принято выделять четыре зоны катастрофического затопления (ЗКЗ) в зависимости от скорости течения воды, высоты волны попуска и расстояния населенного пункта от гидросооружения (рис.12).

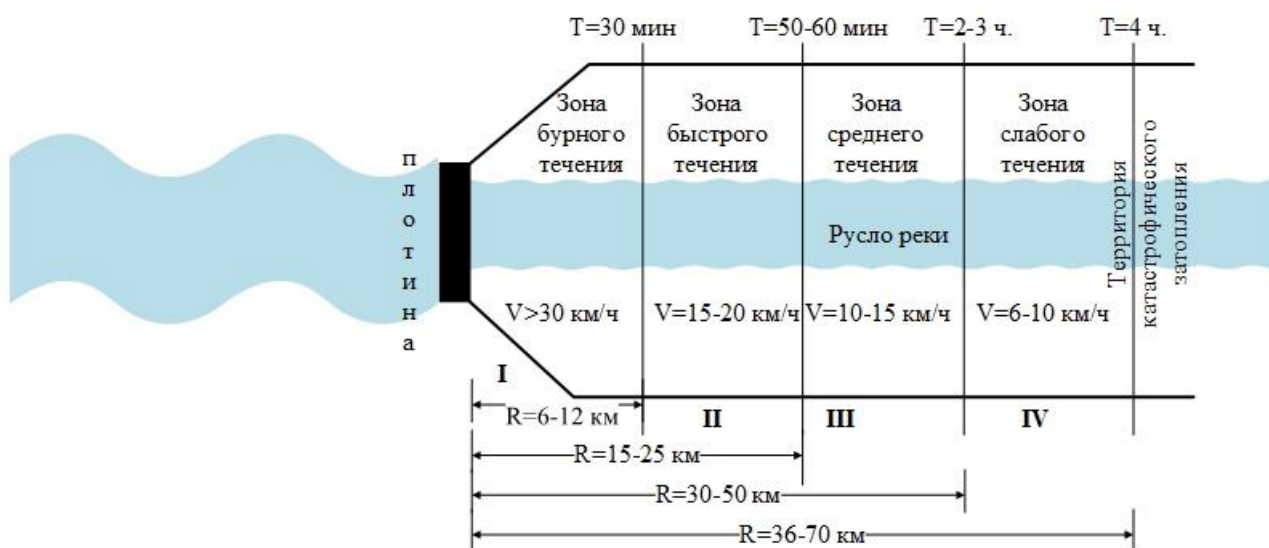


Рисунок 12 – Зоны катастрофического затопления

Первая зона катастрофического затопления – это зона, которая начинается непосредственно от плотины и доходит до расстояния от 6 до 12 км, высота волны прорыва в этой зоне, которая зависит от глубины водохранилища перед плотиной, доходит до нескольких метров. Для волны прорыва в данной зоне характерен бурный поток воды, скорость течения в котором достигает 30 км/ч. Время прохождения волны прорыва в этой зоне порядка 30 минут.

Вторая зона катастрофического затопления– зона быстрого течения со скоростью от 15 до 20 км/ч. эта зона простирается на расстояние до 25 км. Волна проходит данную зону не более часа.

Третья зона катастрофического затопления– зона среднего течения, где скорость колеблется в интервале от 10 до 15 км/ч., удаленность данной зоны от плотины – 50 км. Время прохождения волны прорыва от двух до трех часов.

Четвертая зона– зона слабого течения, так называемого разлива. скорость на участке снижается от 10 до 6 км/ч, протяженность будет зависеть от рельефа, но как правило не превышает 70 км от плотины.

Разрушительное действие волны прорыва объясняется резким изменением уровня воды в нижнем и верхнем бьефе при разрушении напорного фронта и воздействия потока, который перемещается с очень высокой скоростью.

Масштаб чрезвычайной ситуации при аварии на ГЭС, которая будет сопровождаться волной прорыва, будет зависеть от таких факторов как:

- тип гидротехнического сооружения;
- напорный фронт;
- размер брешы для бетонных плотин и размер прорана для грунтовых плотин;
- объем водохранилища перед плотиной;
- характеристики речного русла в нижнем бьефе;
- рельеф местности.

В случае разрушения плотины ГЭС на р. Кора в зону затопления

попадают такие крупные населенные пункты как город Текели с населением 28 тыс. чел. и с. Каратальское с населением 1900 чел., а также ряд небольших населенных пунктов.

3.2 Методика расчета параметров волны прорыва при разрушении ГТС

Для нахождения параметров волны прорыва при разрушении ГТС потребуются следующие исходные данные:

L – удаленность створа объекта от ГТС, км;

i – гидравлический уклон, определяемый по карте;

h_m – высота местности, м;

$h_б$ – глубина реки в нижнем бьефе, м;

H_0 – высота уровня воды в верхнем бьефе плотины.

Расчет проводится в следующем порядке.

- 1) Определяется время прихода гребня ($t_{гр}$) и фронта ($t_{фр}$) волны прорыва по таблице 5.

Таблица 5 – Время прихода гребня и фронта $\tau_{ф}$ волны прорыва

L, км	$H_0=20$				$H_0=40$				$H_0=80$			
	$i = 10^{-4}$		$i = 10^{-3}$		$i = 10^{-4}$		$i = 10^{-3}$		$i = 10^{-4}$		$i = 10^{-3}$	
5	0,2	1,8	0,2	1,2	0,1	2	0,1	1,2	0,1	1,1	0,1	0,2
10	0,5	4	0,6	2,4	0,3	3	0,3	2	0,2	1,7	0,1	0,4
20	1,6	7	2	5	1	6	1	4	0,5	3	0,4	1
40	5	14	4	10	3	10	2	7	1,2	5	1	2
80	13	30	11	21	8	21	6	14	3	9	3	4

- 2) Определяется высота (h) и скорость (V) волны прорыва по формулам для каждого расчетного створа:

$$h = \frac{A_h}{\sqrt{B_h + L}}, \text{ м} \quad (1)$$

$$V = \frac{A_v}{\sqrt{B_v + L}}, \text{ м/с} \quad (2)$$

A_h, B_h, A_v, B_v – коэффициенты, определяемые по таблице 6.

Таблица 6 – Значение коэффициентов

H_0	$i = 1 \cdot 10^{-4}$				$i = 1 \cdot 10^{-3}$			
	A_h	B_h	A_v	B_v	A_h	B_h	A_v	B_v
20	100	90	9	7	40	10	16	21
40	280	150	20	9	110	30	32	24
80	720	286	39	12	300	60	62	29
20	128	204	11	11	56	51	18	38
40	340	332	19	14	124	89	32	44
80	844	588	34	17	310	166	61	52
20	140	192	8	21	40	38	15	43
40	220	388	13	21	108	74	30	50
80	880	780	23	21	316	146	61	65

3) Определяется продолжительность времени затопления территории по формуле:

$$\tau_{зам} = \beta \cdot (t_{сп} - t_{фп}) \cdot \left(1 - \frac{h_m}{h}\right), \text{ час} \quad (3)$$

где β – коэффициент, зависящий от высоты плотины, гидравлического уклона и расстояния до объекта (табл. 7).

Таблица 7 – Значения коэффициента β

$\frac{i \cdot L}{H_0}$	Отношение высоты плотины H_0 , м, к средней глубине реки в нижнем бьефе h_0 , м	
	$H_0/h_0 = 10$	$H_0/h_0 = 20$
0,05	15,5	18
0,1	14	16
0,2	12,5	14
0,4	11	12
0,8	9,5	10,8
1,6	8,3	9,9

4) Определяется степень поражения зданий и сооружений в зоне затопления по таблице 8.

Таблица 8 – Параметры волны прорыва, приводящие к разрушениям объектов

Объект	Степень разрушения					
	Сильная		Средняя		Слабая	
	v , м/с	h , м	v , м/с	h , м	v , м/с	h , м
Здания и сооружения						
Сборные деревянные жилые дома	3	2	2,5	1,5	1	1
Деревянные дома (1...2 этажа)	3,5	2	2,5	1,5	1	1
Кирпичные малоэтажные здания (1...3 этажа)	4	2,4	3	2	2	1
Промышленные здания с лёгким металлическим каркасом и здания бескаркасной постройки	5	2,5	3,5	2	2	1
Кирпичные дома средней этажности (4этажа)	6	3	4	2,5	2,5	1,5
Промышленные здания с тяжелым металлическим или железобетонным каркасом (стены из керамзитовых панелей)	7,5	4	6	3	3	1,5
Бетонные и железобетонные здания, здания антисейсмической конструкции	12	4	9	3	4	1,5
Стенки, набережные и пирсы на деревянных сваях	4	6	2	4	1	1
Стенки, набережные и пирсы напряженной конструкции с заполнением камнем	5	6	3	4	1	1
Стенки, набережные и пирсы на железобетонных и металлических сваях	6	6	3	4	1	2
Стенки, набережные, молы, волноломы из кладки массивов	7	6	4	4	2	2
Оборудование портов и промышленных предприятий						
Стандартное оборудование	3	2	2	2	1	1
Оборудование химических и электротехнических цехов и лабораторий	4	1,5	3	1,5	1	1
Стапели и стапельные места судостроительных и судоремонтных заводов	4	4	3	3	2	1
Трансформаторно-понижительные подстанции	5	2	4	2	2	1
Крановое оборудование:						
портальные краны						
грузоподъёмность:	6	4	6	2	2	1,5
5 т	8	5	6	2	2	2
10 т	8	6	6	3	2	2
16 т	10	9	6	4	2	2
Мостовой перегружатель 16 т						

Продолжение таблицы 8

Мосты, дороги и транспортные средства						
Деревянные мосты (поток выше проезжей части)	1	2	1	1,5	0	0,5
Железобетонные мосты	2	3	1	2	0	0,5
Металлические мосты и путепроводы с пролётом 30...100 м	2	3	1	2	0	0,5
То же с пролётом более 100 м	2	2,5	1	2	0	0,5
Железнодорожные мосты	2	2	1	1	0,5	0,5
Дороги с гравийным (щебёночным) покрытием	2,5	2	1	1,5	0,5	0,5
Шоссейные дороги с асфальтовым и бетонным покрытием	4	3	2	1,5	1	1
Автомобили	2	2	1,5	1,5	1	1
Подвижной состав	3,5	3	3	1,5	1,5	1

5) На карту наносится зона затопления и определяется ее площадь с учетом параметров волны прорыва.

Если искомые значения в таблицах не совпадают с указанными, то применяются методы интерполяции и экстраполяции.

3.3 Расчет волны прорыва при разрушении плотины и определение зоны затопления

Расчет произведен по методике, представленной в п. 3.2 данной работы.

При расчете принимается, что плотина разрушается полностью. В расчет приняты следующие створы:

- I створ – плотина (0 км);
- II створ – г. Текели, ($L_1=4$ км);
- III створ – с. Каратальское ($L_2=5,5$ км).

Исходные данные для расчета представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Исходные данные

объем водохранилища	$W_B = 0,17 \text{ млн.м}^3$
ширина водохранилища перед плотиной	$B = 79 \text{ м}$
глубина водохранилища перед гидроузлом	$H = 15 \text{ м}$
глубина реки ниже плотины	$h_6 = 3,3 \text{ м}$
гидравлический уклон реки	$i = 10^{-3}$

Время прихода гребня ($t_{гр}$) и фронта волны прорыва ($t_{фр}$) выбрано по данным таблицы 5. Так как исходные данные не попадают под крайние значения, указанные в таблице, то методом последовательной экстраполяции найдем дополнительные значения для $H_0 = 15 \text{ м}$ и уклона $i = 10^{-3}$, полученные результаты занесем в таблицу 10:

Таблица 10 – Промежуточные значения

L, км	$H_0 = 15 \text{ м}, i = 10^{-3}$	
	$t_{фр}$	$t_{гр}$
4	0,14	0,94
5	0,23	1,2
5,5	0,28	1,33
10	0,68	2,5
20	2,25	5,25
40	4,5	10,75
80	12,25	22,8

По таблице 10 находится время прихода фронта и гребня волны.

I створ: $t_{фр} = 0,14 \text{ ч.} = 8,4 \text{ мин.}$

$$t_{гр} = 0,94 \text{ ч.} = 56,4 \text{ мин.}$$

II створ: $t_{фр} = 0,28 \text{ ч.} = 16,8 \text{ мин.}$

$$t_{\text{пр}} = 1,33 \text{ ч.} = 1 \text{ ч. } 20 \text{ мин.}$$

Высота (h) и скорость (V) волны прорыва, для этого по таблице 7 определяем коэффициенты и заносим их в таблицу 11.

Таблица 11 – Промежуточные значения

H ₀ , м	i=10 ⁻³			
	A _h	B _h	A _v	B _v
15	22,5	5	12	20,3
20	40	10	16	21
40	110	30	32	24

$$A_h = 22,5, \quad B_h = 5, \quad A_v = 12, \quad B_v = 20,3$$

Высота волны по формуле (2):

$$h_{\text{I створ}} = \frac{22,5}{\sqrt{5+4}} = 7,5 \text{ м}$$

$$h_{\text{II створ}} = \frac{22,5}{\sqrt{5+5,5}} = 6,9 \text{ м}$$

Скорость волны прорыва по формуле (3):

$$V_I = \frac{12}{\sqrt{20,3+4}} = 2,4 \text{ м/с}$$

$$V_{II} = \frac{12}{\sqrt{20,3+5,5}} = 2,3 \text{ м/с}$$

Продолжительность затопления территории города и завода:

Для определения коэффициента β находим отношение:

$$\frac{i \cdot L_1}{H_0} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^3}{15} = 0,26$$

$$\frac{i \cdot L_2}{H_0} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 5,5 \cdot 10^3}{15} = 0,37$$

$$\frac{H_0}{h_{\text{нб}}} = \frac{15}{3,3} = 4,5$$

Промежуточные расчеты заносим в таблицу 12.

Таблица 12 – Промежуточные значения

$\frac{i \cdot L}{H_0}$	$H_0=4,5h_{нб}$	$H_0=10h_{нб}$	$H_0=20h_{нб}$
0,2	11,8	12,5	14
0,26	11,384	-	-
0,37	10,7	-	-
0,4	10,5	11	12

Тогда время затопления составит:

$$\tau_{зат} = 11,38 \cdot (0,94 - 0,14) \cdot \left(1 - \frac{1,5}{7,5}\right) = 7,3 \text{ ч.}$$

$$\tau_{зат} = 10,7 \cdot (1,33 - 0,28) \cdot \left(1 - \frac{1,5}{6,9}\right) = 8,7 \text{ ч.}$$

Обобщенные данные по расчету волны прорыва представим в виде таблицы 13.

Таблица 13 – Результаты расчета параметров волны прорыва

	I створ (г. Текели)	II створ (с. Каратальское)
Высота волны, м	7,5	6,9
Скорость волны, м/с	2,4	2,3
Время затопления, ч	7,3	8,7

По таблице 8 определяем структуру разрушений зданий и сооружений, попавших в зону затопления: практически все здания получают сильные и средние разрушения.

По карте (Приложение Б) определена приблизительную площадь зоны затопления ($S_{зз}$), на основании значений высоты волны прорыва:

$$S_{зз} = 0,1425 \text{ км}^2 \text{ (14,25 га).}$$

Таким образом под действие волны прорыва и затопления попадают

населенные пункты – г. Текели и с. Каратальское. На пути волны имеются автодорожные мосты, которые получают сильные повреждения.

Также на пути имеются небольшие плотины, которые также могут быть разрушены двигающейся волной прорыва, и при этом усилить существующую волну за счет забора воды из водохранилища, созданного плотиной.

Перебои в поставках электроэнергии ввиду нарушения работы ГЭС и как следствие нарушение режима работы промышленных предприятий и организаций жизнеобеспечения населения, а также нарушения водохозяйственной деятельности станут результатом разрушения плотины.

3.4 Оценка категории риска ГТС

В рамках декларирования безопасности гидротехнического сооружения проводится оценка категории риска и опасности ГТС. Для этого можно применить приближенно систему баллов риска, принятую в международной практике [14]. Баллы и категории риска для ГЭС на р. Кора определены по таблицам 14 и 15.

Таблица 14 – Баллы риска

Показатели	Баллы			
	>120(6)	120-1(4)	1-0.1(2)	< 0,1 (0)
Объем водохранилища, млн. м ³	> 45(6)	45-30(4)	30-15(2)	<15 (0)
Высота плотины (сброса воды), м.	>1000(12)	1000-100(8)	100-1(4)	Нет (0)
Требования к эвакуации людей, чел.	Высокая (12)	Средняя (8)	Низкая (4)	Нет (0)
Потенциальная опасность разрушения плотины				

Таблица 15 – Категории риска

Сумма баллов	Категория риска
31-36	IV (высшая)
19-30	III

7-18	II
0-6	I

По приведенным показателям оцениваем фактическую категорию риска ГЭС на р. Кора, результаты представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Категория риска

Наименование	Показатели
Объем водохранилища, млн. м ³	0,17
Высота плотины (сброса воды), м.	15
Требования к эвакуации людей, чел.	нет
Потенциальная опасность разрушения плотины	низкая
Сумма баллов	8
Категория риска	II

Таким образом, сооружения ГЭС относятся ко II-й категории риска.

3.5 Инженерные решения по защите плотины от разрушения

3.5.1 Организация вспомогательного водосброса с отводом воды в русло реки

Плотина ГЭС на р. Кора запущена в эксплуатацию совсем недавно – в 2017 году. При ее проектировании, как и всей ГЭС на р. Кора, применялись современные действующие нормы и успешный опыт аналогичных плотин.

Однако, общемировая практика эксплуатации гидротехнических сооружений, в частности плотин, показывает, что зачастую проектных решений, которые были заложены изначально, недостаточно для пропуска паводков, особенно паводков редкой повторяемости, что приводит к разрушению плотины.

На данный момент водосброс плотины рассчитан на расход воды 0,5

%-ной обеспеченности $Q = 302 \text{ м}^3/\text{сек}$, эксплуатационный водосброс рассчитан на расход воды $60 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Эксплуатационный водосброс глубинный, расположен в теле плотины и управляется затворами, отказ в работе которых может привести к невозможности сброса воды при ее резком подъеме в водохранилище.

В связи с этим предлагается организовать дополнительный водосброс с отводом воды в русло реки ниже по течению. Схема организации водосброса представлена в приложении В.

Конструктивно водосброс состоит из:

- водозаборного устройства с вододействующим затвором;
- отводящего тракта;
- гасителя избыточной энергии потока

Отводящий тракт принят облегченной конструкции с минимальными затратами, так как в период пропуска максимального расхода воды допускается его разрушение с последующим восстановлением.

Включение в работу вспомогательного водосброса – ступенчатое, что позволяет избежать существенного увеличения сбросного расхода при относительно невысоких отметках уровня нижнего бьефа.

Затвор выбран одноразового действия с целью удешевления стоимости обустройства вспомогательного водосброса. Схема вододействующего одноразового затвора представлена в Приложении Г.

Для вспомогательных водосбросов допускается не устанавливать гасители избыточной энергии потока, но при этом предусмотрено водобойное сооружение в виде каменной наброски.

С целью плавного и спокойного входа и выхода воды из канала начальная и концевая его часть выполнены в виде воронки. Ширина входной воронки превышает ширину канала по дну от 2 до 2,5 раз, а выходной воронки от 2,5 до 3 раз.

Дно заложено на уровне постоянного горизонта воды в водохранилище.

3.5.2 Затвор со встроенными электрообогревательными элементами

При проектировании гидроузла проводились расчеты, учитывающие нагрузки, в том числе давления воды на плотину, т. е. она может выдержать определенный напор воды, создаваемый водохранилищем, лишняя вода уходит через сливную часть плотины и водозабор, где стоят затворы. На текущий момент для сброса воды используется плоский металлический затвор. Для затвора большую опасность представляет шуга, снежная каша и вода, которые при замерзании не дают затвору работать в нормальном режиме. Открытие затвора не вовремя, не полностью или вообще невозможность его открытия не дает возможности пропускать повышающийся уровень воды, что создает нагрузку на плотину и может привести к ее разрушению.

В целом безотказности в работе затвора могут препятствовать:

- неисправность затвора или его механизма, в частности направляющих;
- перебои в электропитании, что не дает возможность привести затвор в действие;
- обмерзание затвора зимний период;
- наносы, которые могут завалить затвор;
- попадание в отверстие посторонних предметов, блокирующих закрытие затвора.

Против обмерзания затвора и особенно зазоров между ним и плотиной принимаются специальные меры, в том числе его обогрев, околка льда и ряд других мер. Если конструкция затвора имеет много зазоров, то для эксплуатации в зимнее время он совершенно не пригоден. Даже незначительная фильтрация в уплотнениях затвора в зимнее время приводит к обледенению обшивки, контактов, ходовых частей, что сильно затрудняет работу затворов зимой.

В связи с вышесказанным предлагается заменить существующий затвор на затвор со встроенными электрообогревательными элементами, схема которого представлена в Приложении Д.

Обогревающие элементы установлены внутри затвора и по периметру закрыты защитными пластинами.

Данное решение обусловлено также аварийной ситуацией, которая уже имела место быть на данном гидротехническом сооружении.

Принцип работы затвора.

Затвор управляется автоматически системой контроля и автоматизации согласно объема воды, поступающей в приемный канал, но не более 28 м^3 при работе основной и малой станций:

При понижении уровня воды верхнего бьефа плотины на 5 см от отметки 1190,0 м по БС приходит звуковой сигнал оповещения на панель управления затворов мотористу водосброса плотины и в операторскую ДГЩУ, а также поступает команда на контроллер управления затвором. Затвор прикрывается на 2 см в автоматическом режиме с задержкой времени 1 мин., что составляет уменьшение расхода воды в среднем на $0,47 \text{ м}^3/\text{сек.}$ в приемном канале ГЭС. При дальнейшем понижении уровня воды работа автоматической системы с выдержкой времени 20 мин. прикрывает затвор на 2 см и т.д.;

При повышении уровня воды верхнего бьефа плотины на 3 см приходит звуковой сигнал оповещения на панель управления затворов мотористу водосброса и в операторскую ДГЩУ. Затвор приоткрывается на 2 см в автоматическом режиме с задержкой времени 1 мин, что составляет увеличение расхода воды в среднем на $0,47 \text{ м}^3/\text{сек.}$ При последующем подъеме уровня воды алгоритм действий автоматической системы не изменяется до разрешенной пропускной способности $28 \text{ м}^3/\text{сек.}$ при работе основной и малой станции.

В оперативном помещении моториста установлена дополнительная панель управления затвором, которая дает возможность управления затвором

и перевода дежурным персоналом с автоматического режима на ручной при аварийных случаях (сход грязевой сели, лавины и т.д.) или не контролируемом увеличении уровня воды.

При аварийном отключении и остановке какого-либо из гидроагрегатов (ГА), сигнал с панели управления ГА поступает на панель управления затвором, блокируя датчик уровня подъема воды верхнего бьефа плотины, при этом проходит звуковой сигнал оповещения мотористу водосброса и в операторскую ДГЩУ. Затвор прикрывается на заданное значение, которое соответствует потреблению воды остановившегося ГА (ГА №1 и №2 по 8,65 м³/сек., ГА № 3 и 4 по 3,85 м³/сек.), но не ниже 30 см от донной марки затвора, что составляет расход воды 7,45 м³/с, в автоматическом режиме.

При полном исчезновении напряжения и остановке гидроагрегатов, сигнал с панели управления ГА приходит на панель управления затвором, сопровождаясь сигналом оповещения, блокируя сигнал датчика подъема уровня воды верхнего бьефа плотины. Затвор закрывается до уровня 30 см от донной марки затвора, что соответствует расходу воды 7,45 м³/с. При необходимости снятие блокировки сигнала датчика подъема уровня воды осуществляется путем сброса сигнала аварии с панели управления затвором водозабора в ручном режиме.

Таким образом, внедрение предложенных инженерных решений на Коринской ГЭС позволит повысить уровень безопасности и снизить риск разрушения плотины при быстром подъеме уровня воды.

4 Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

4.1 Расчет размера вероятного вреда в случае аварии

Вероятный вред – оцененный в тенге размер максимального вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии гидротехнического сооружения.

Размер вероятного вреда в случае возникновения аварии ГТС определяется в денежном выражении расчетом убытков по показателям, характеризующим социально-экономические последствия аварии.

В общем виде составляющие ущерба от аварий ГТС определяются на базе прогнозов следующих показателей:

- количества людей, которые могут погибнуть и пропасть без вести, кроме физических лиц, являющихся работниками ГТС, при исполнении ими служебных обязанностей на территории ГТС;
- количества людей, которые могут быть травмированы и нуждаться в госпитализации, кроме физических лиц, являющихся работниками ГТС, при исполнении ими служебных обязанностей на территории ГТС;
- количества работников ГТС, которые могут погибнуть и пропасть без вести при исполнении ими служебных обязанностей на территории ГТС;
- количества работников ГТС, которые при исполнении ими служебных обязанностей на территории ГТС могут быть травмированы и нуждаться в госпитализации;
- ущерба основным и оборотным фондам предприятий, кроме основных и оборотных фондов владельца ГТС;
- ущерба готовой продукции предприятий, кроме продукции владельца ГТС;

– ущерба элементам транспорта и связи, жилому фонду, имуществу граждан, сельскохозяйственному производству, лесному фонду от потери леса как сырья по рыночным ценам, затопления и гибели лесов, ущерба природной среде, а также ущерба, вызванного нарушением водоснабжения из-за аварий водозаборных сооружений, ущерба объектам водного транспорта и рыбному хозяйству;

– расходов на ликвидацию последствий аварий ГТС.

Ущерб, нанесенный в результате аварии ГТС окружающей природной среде, физическим и юридическим лицам подлежит возмещению в полной мере.

Ущерб основным и оборотным производственным фондам, продукции, элементам транспорта и связи «сторонних» юридических лиц, отсутствует, так как промышленные объекты в зону возможного затопления не попадают

Ущерб жилищному фонду и имуществу граждан не прогнозируется, так как в зоне возможного затопления объекты жилищного фонда, а также имущество граждан отсутствует.

Ущерб лесному хозяйству не прогнозируется, так как леса не попадают в зону затопления.

4.2 Оценка социального ущерба

Величина социального ущерба в натуральном выражении определяется по формуле:

$$N_L = N_{Л11} + N_{Л21} + N_{Л31} + N_{Л12} + N_{Л22} + N_{Л32}, \text{чел.} \quad (4)$$

где число погибших (безвозвратные потери $N_{Л11}$) и пострадавших (возвратные потери $N_{Л12}$) работников ГТС, которые при исполнении своих служебных обязанностей находились в зоне аварийного воздействия;

число погибших (безвозвратные потери $N_{Л21}$) и пострадавших (возвратные потери $N_{Л22}$) людей среди населения постоянного проживания,

находившегося на территориях, попадающих в зоны аварийного воздействия;

число погибших (безвозвратные потери $N_{Л31}$) и пострадавших (возвратные потери $N_{Л32}$) людей среди населения временного нахождения на территориях, попадающих в зоны аварийного воздействия.

Все работники ГТС, оказавшиеся в зоне затопления, считаются попавшими в ближайшую к створу гидроузла зону катастрофических разрушений

Общие потери среди работников ГТС принимаются равными 60 % от численности персонала ГТС, находящегося в зоне катастрофических разрушений; из них безвозвратные потери составят 40 % от общих потерь, возвратные потери – 60 % от общих потерь.

$$N_{Л11} = 0,6 \cdot 0,4 \cdot N_{\text{раб.ГТС}} \quad (5)$$

$$N_{Л12} = 0,6 \cdot 0,6 \cdot N_{\text{раб.ГТС}} \quad (6)$$

$$N_{Л11} = 0,6 \cdot 0,4 \cdot 21 = 5 \text{ чел.}$$

$$N_{Л12} = 0,6 \cdot 0,6 \cdot 21 = 8 \text{ чел.}$$

Общая численность населения постоянного проживания в зоне возможного затопления при средней плотности в районе затопления в г. Текели и с. Каратальское 268 чел/км², равна:

$$N_{зз} = P_{зз} \cdot S_{зз}, \text{ чел.} \quad (7)$$

$$P_{зз} = 0,05 \cdot \rho_{\text{нас.}} = 0,05 \cdot 268 = 13,4 \text{ чел/км}^2$$

$$N_{зз} = 13,4 \cdot 0,1425 = 2 \text{ чел.}$$

Безвозвратные потери среди населения в зоне затопления:

$$N_{Л21} = 0,13 \cdot 0,1 \cdot 2 = 1 \text{ чел.}$$

Возвратные потери среди населения в зоне затопления:

$$N_{Л22} = 0,13 \cdot 0,9 \cdot 2 = 1 \text{ чел.}$$

Численность людей, временно находящихся на территории затопления принимаем равной нулю, ввиду отсутствия данных.

Тогда величина социального ущерба в натуральном эквиваленте

составит:

$$N_{Л} = 5 + 8 + 1 + 1 + 0 + 0 = 14 \text{ чел.}$$

Социальный ущерб персоналу ГТС, попадающему в зону затопления при аварии ГТС, рассчитывается по формуле:

$$I_{Л1} = C_{св \ б/возвр} \cdot N_{Л11} + K_1 \cdot C_{св \ возвр} \cdot N_{Л12} \quad (8)$$

где $N_{Л11}$ – число погибших среди персонала ГТС

$N_{Л12}$ – число пострадавших среди персонала ГТС,

K_1 – степень вреда, причиненного здоровью пострадавших людей в зоне катастрофических разрушений;

$C_{св \ б/возвр}$ – размер предельной страховой выплаты в случае гибели, согласно [15] составляет 1000 МРП. Месячный расчетный показатель по состоянию на 1 января 2019 г составляет 2525 тенге.

$C_{св \ возвр}$ – размер предельной страховой выплаты в части возмещения здоровья пострадавшим, согласно [15] 300 МРП.

$$I_{Л1} = 1000 \cdot 2525 \cdot 5 + 0,1 \cdot 300 \cdot 2525 \cdot 8 = 13231000 \text{ тенге}$$

Социальный ущерб для населения определяется:

$$I_{Л2} = C_{св \ б/возвр} \cdot N_{Л21} + K_1 \cdot C_{св \ возвр} \cdot N_{Л22} \quad (9)$$

$$I_{Л2} = 1000 \cdot 2525 \cdot 1 + 0,1 \cdot 300 \cdot 2525 \cdot 1 = 2600750 \text{ тенге}$$

Тогда общий социальный ущерб составит:

$$I_{соц}^{общ} = 13231000 + 2600750 = 15831750 \text{ тенге}$$

4.3 Расчет затрат на локализацию аварии и ликвидацию ее последствий

К основным показателям, составляющим затраты на ликвидацию ЧС при разрушении плотины Коринской ГЭС, относятся:

- затраты на оплату труда ликвидаторов аварии;
- затраты на питание ликвидаторов аварии;
- затраты на топливо и горюче-смазочные материалы;

- затраты на амортизацию используемого оборудования и технических средств;
- затраты на организацию стационарного и амбулаторного лечения пострадавших;
- ущерб земельным ресурсам;
- показатели силового воздействия волны прорыва на человека;
- показатели последствий аварии по воздействию на окружающую природную среду.

Расчет затрат на оплату труда проводят дифференцированно для каждой из групп участников ликвидации последствий ЧС в зависимости от величины их заработной платы и количества отработанных дней.

Расчет суточной заработной платы участников ликвидации ЧС проводят по формуле:

$$\Phi ЗП_{сут_i} = \left(\frac{\text{мес. оклад}}{30} \right) \cdot 1,15 \cdot K_{сут} \cdot Ч_k \quad (10)$$

где $Ч_k$ – количество участников ликвидации ЧС;

$K_{сут}$ – количество суток, которое нужно для ликвидации аварии.

Время ликвидации аварии составляет одни сутки для пожарных подразделений и трое суток для всех остальных формирований.

Количество личного состава формирований определено из количества числа пострадавших:

- 1 спасательная группа (6 чел.);
- 1 отряд разборки завалов (24 чел.) при разрушении плотины объем завала составит 864 м^3 .
- 1 отряд скорой медицинской помощи (8 врачей и 38 чел. среднего мед. персонала);
- охрана общественного порядка 7 чел.

В таблице 17 представлены расчеты затрат на оплату труда участников ликвидации аварии.

Таблица 17 – Затраты на оплату труда участников ликвидации

последствий ЧС

Наименование групп участников ликвидации	Заработная плата, тенге./месяц	Численность, чел	ФЗП _{сут} , тенге./чел.	Количество суток	ФЗП за период проведения работ для Ч _к -ой группы, тенге.
Спасательная группа	75000	6	2875	1	17250
Отряд ручной разборки	70000	24	2683	3	193200
Охрана общественного порядка	80000	7	3067	3	64400
Медицинская служба	80000	46	3067	3	423200
ИТОГО					698050

Таким образом, суммарные затраты на оплату труда всем группам участникам ликвидации последствий ЧС составят:

$$\Phi ЗП = \sum \Phi ЗП_i = 17250 + 193200 + 64400 + 423200 = 698050 \text{ тенге}$$

В результате проведенных расчетов получим, что фонд заработной платы на оплату труда личного состава формирований при проведении работ по ликвидации ЧС при разрушении плотины ГЭС на р. Кора составит 698050 тенге.

Затраты на питание рассчитывают, исходя из суточных норм обеспечения питанием спасателей в соответствии с Приказом Министра внутренних дел Республики Казахстан от 27 марта 2015 года № 264 [16], в соответствии с режимом проведения работ:

$$З_{Псут} = \sum (З_{Псутi} \cdot Ч_k) \quad (11)$$

где $З_{Псут}$ – затраты на питание личного состава формирований в сутки;

$З_{Псутi}$ – суточная норма обеспечения питанием, тенге/(сут. на чел.);

$Ч_k$ – численность личного состава формирований, проводящих работы различной степени тяжести по ликвидации последствий ЧС.

Тогда, общие затраты на питание составят:

$$Z_n = (Z_{\text{Псут. спас.}} \cdot Ч_{\text{спас.}} + Z_{\text{Псут. др.ликв.}}) \cdot D_n \quad (12)$$

где D_n – продолжительность ликвидации аварии, дней, в данном случае 3 дня.

К работе в зоне ЧС привлекаются 83 человека (в соответствии с планом ликвидации аварии), из них 24 человека выполняют тяжелую работу, а остальные 59 человек – работу средней и легкой тяжести. Затраты на питание личного состава формирований, выполняющих работы различной степени тяжести сведем в таблицу 18.

Таблица 18 – Затраты на питание личного состава формирований, выполняющих работы различной степени тяжести

Наименование продукта	Работы средней тяжести		Тяжелые работы	
	Суточная норма, г/(чел.×сут.)	Суточная норма, тенге/(чел.×сут.)	Суточная норма, г/(чел.×сут.)	Суточная норма, тенге/(чел.×сут.)
Хлеб белый	400	94,4	600	153,4
Крупа разная	80	18,88	100	23,6
Макаронные изделия	20	2,95	30	4,43
Молоко и молокопродукты	300	53,1	500	88,5
Мясо	80	118	100	147,5
Рыба	40	35,4	60	53,1
Жиры	40	16,52	50	20,65
Сахар	60	15,34	70	17,7
Картофель	400	47,2	500	59
Овощи	150	44,25	180	53,1
Соль	25	2,07	30	2,48
Чай	1,5	9,44	2	11,8
Итого	-	457,55	-	635,25

По формуле рассчитываем, что затраты на питание личного состава формирований составят:

$$Z_n = (457,55 \cdot 59 + 635,25 \cdot 24) \cdot 3 = 126724,35 \text{ тенге}$$

Общие затраты на обеспечение питанием спасательных формирований составят 126724,35 тенге. Обеспечение питанием формирований осуществляется в столовых и за счет средств Коринской ГЭС, на территории которой произошла ЧС.

Затраты на горючие и смазочные материалы определяется по формуле:

$$Z_{ГСМ} = V_{бенз} \cdot C_{бенз} + V_{диз. т.} \cdot C_{диз. т.} + V_{мот. м.} \cdot C_{мот. м.} + V_{транс. м.} \cdot C_{транс. м.} \quad (13)$$

Где $V_{бенз}$, $V_{диз. т.}$, $V_{мот. м.}$, $V_{транс. м.}$ – количество использованного бензина, дизельного топлива, моторного масла, трансмиссионного масла соответственно, л;

$C_{бенз}$, $C_{диз. т.}$, $C_{мот. м.}$, $C_{транс. м.}$ – стоимость бензина, дизельного топлива, моторного масла, трансмиссионного масла, л/тенге.

Ниже приведены цены (за 1 л) на топливо и горюче-смазочные материалы:

- бензин – 151 тенге.;
- дизельное топливо – 193 тенге.;
- моторное масло – 1250 тенге.;
- трансмиссионное масло – 1100 тенге.

В таблице 19 приведен перечень транспортных средств, используемых при ведении АСДНР при разрушении плотины ГЭС на р. Кора и нормы расхода горюче-смазочных материалов приведенной техники.

Общие затраты на ГСМ составят:

$$Z_{ГСМ} = 223,1 \cdot 151 + 147 \cdot 193 + 17,9 \cdot 1250 + 2,35 \cdot 1100 = 87019,1 \text{ тенге}$$

Таким образом, на обеспечение техники горюче-смазочными материалами потребуется 87019,1 тенге.

Таблица 19 – Техника и нормы расхода горюче-смазочных материалов

Тип автомобиля	Кол-во	Расход бензина, л	Расход дизельного топлива, л	Расход моторного/транс-го масел, л
Автомобиль высокой проходимости	1	18	-	2,2/0,3
Автомобиль скорой мед. помощи	1	17	-	2,1/0,3
Самосвал	2	56	-	4,3/0,5
Автокран	1	40,1	-	2,1/0,3
Автопогрузчик	1	92	-	2,2/0,3
Бульдозер	1	-	72	2,2/0,25
Экскаватор	1	-	75	2,8/0,4
ИТОГО	9	223,1	147	17,9/2,35

Величина амортизации используемого оборудования, технических средств определяется, исходя из их стоимости, нормы амортизации и количества дней, в течение которых это оборудование используется, по следующей формуле:

$$A = \left[(H_a \cdot C_{ст} / 100) / 360 \right] \cdot D_n \quad (14)$$

где H_a – годовая норма амортизации данного вида, %;

$C_{ст}$ – стоимость ОПФ, тенге.;

D_n – количество отработанных дней.

Результаты расчета амортизационных отчислений представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Расчет величины амортизационных отчислений для используемой техники

Наименование использованной техники	Стоимость, тенге	Кол-во, ед.	Кол-во отработанных дней	Годовая норма амортизации, %	Аморт. отчисления, тенге
Автомобиль высокой проходимости	41300000	1	3	10	33945

Продолжение таблицы 20

Автомобиль скорой мед. помощи	1711000	1	3	10	1406
Самосвал	12626000	2	3	10	10378
Автокран	16166000	1	3	10	13287
Автопогрузчик	5015000	1	3	10	4122
Бульдозер	6490000	1	3	10	5334
Экскаватор	10915000	1	3	10	8971
ИТОГО					77444

Затраты за использование оборудования и технических средств, необходимых для локализации и ликвидации ЧС при разрушении плотина ГЭС на р. Кора составят 77444 тенге.

4.4 Результаты проведенных в разделе расчетов

Определение размера вероятного вреда, который может быть причинен в результате гидродинамической аварии по рассмотренному сценарию ее возникновения и развития, рассчитывается суммированием всех видов ущербов.

Результаты проведенных в разделе расчетов представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Результаты расчетов

Виды затрат	Суммарные затраты, тенге
1. Затраты на социальные выплаты	15831750
2. Затраты на питание	126724,35
3. Затраты на оплату труда	698050
4. Затраты на ГСМ	870119,1
5. Затраты на амортизацию тех. средств	77444
ИТОГО	17604087,45

По приведенным расчетам видно, что экономический ущерб от чрезвычайной ситуации составляет:

$$U^{общ} = 17604087,45 \text{ тенге}$$

Анализируя все полученные результаты, приведенные в данном разделе, можно сделать вывод о том, что аварии на гидротехнических сооружениях влекут за собой большой материальный ущерб и приводят к значительным затратам при ликвидации последствий аварии и восстановлении производства, а также ведут к серьёзным экологическим последствиям. Фактические потери для народного хозяйства значительно превышают определенный таким образом ущерб, так как в него не включены убытки от простоя предприятия, стоимость проектно-восстановительных работ.

5 Социальная ответственность

5.1 Описание рабочего места дежурного. Анализ вредных и опасных производственных факторов дежурного по ГЭС на р. Кора

Рабочее место дежурного инженера ГЭС находится в помещении центрального пульта управления (ЦПУ). На рабочем месте имеется пульт-стол, подъёмно-поворотное кресло, шкаф для технической документации, шкаф для спецодежды, защитных средств и инструментов.

На рабочем месте дежурного ГЭС имеются следующие средства связи:

- установка оперативной связи (диспетчерский коммутатор), в которую
- включены линии прямой связи со всеми основными
- производственными помещениями здания ГЭС;
- пульт для включения громкоговорящей связи;
- линия связи радиофикации.

Зоной обслуживания дежурного инженера ГЭС являются центральный пульт управления ГЭС, гидрогенераторы с оборудованием возбуждения, комплектное распределительное устройство генераторного напряжения 10 кВ, открытое распределительное устройство 110 кВ, главные повышающие трансформаторы, оборудование собственных нужд 10/0,4кВ, гидросиловое оборудование.

Вредными производственными факторами могут быть:

- ненормированный микроклимат помещения;
- недостаточная освещенность;
- электромагнитные излучения;

Опасными производственными факторами могут быть:

- пожарная опасность;
- электроопасность;

– механические опасности, связанные с технологическим процессом работы ГЭС.

5.2 Анализ выявленных вредных и опасных факторов

В данном рабочем помещении используется смешанное освещение. Естественное освещение осуществляется через окно в наружной стене здания. В качестве искусственного освещения используется система общего освещения (освещение, светильники которого освещают всю площадь помещения). Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 лк.

Для организации такого освещения лучше выбрать люминесцентные лампы, так как они имеют ряд преимуществ перед лампами накаливания: их спектр ближе к естественному освещению; они имеют большую экономичность (больше светоотдача) и срок службы (в 10-12 раз больше чем лампы накаливания). Но следует помнить, что имеются и недостатки: работа ламп такого типа иногда сопровождается шумом; они хуже работают при низких температурах; такие лампы имеют малую инерционность. Для данного помещения, в котором будет эксплуатироваться информационная система, люминесцентные лампы подходят. Тип осветительных приборов выбран, как светильники ШОД (люминесцентный светильник, соответствующий широкому типу кривой силы света, относящийся классу отраженного света светильника по светораспределению).

Нормами для данных работ установлена необходимая освещенность рабочего места $E=300$ лк (так как работа очень высоко точности – наименьший размер объекта различия равен 0,15 – 0,3 мм разряд зрительной работы – Г, фон – светлый, контраст объекта с фоном – большой).

Основные характеристики используемого осветительного оборудования и рабочего помещения:

– тип осветительных приборов – светильники с защитной решеткой

типа ШОД;

- наименьшая высота подвеса ламп над полом – $h_2=2,5$ м;
- нормируемая освещенность рабочей поверхности $E=300$ лк для общего освещения;
- длина $A=12$ м, ширина $B=7$ м, высота $H=3,5$ м;
- коэффициент запаса для помещений с малым выделением пыли $k=1,5$;
- высота рабочей поверхности – $h_1=0,8$ м;
- коэффициент отражения стен $\rho_c=60\%$ (0,6) – для стен, покрытых крашеным металлом светлым;
- коэффициент отражения потолка $\rho_p=70\%$ (0,7) – потолок побеленный.

Произведем размещение осветительных приборов, используя соотношение для лучшего расстояния между светильниками $\lambda=L/h$, а также то, что высота светильников над рабочей поверхностью $h=h_2-h_1=2,5-0,8=1,7$ м, тогда $\lambda=1,1$, следовательно,

$$L = \lambda \cdot h = 1,1 \cdot 1,7 = 1,87 \text{ м.}$$

Расстояние от стен помещения до крайних светильников – $L/3=0,623$ м. Для равномерного общего освещения люминесцентные светильники обычно располагают рядами.

Исходя из размеров рабочего кабинета ($A=12$ м и $B=7$ м), размеров светильников типа ШОД (длина $a=1,53$ м и ширина $b=0,284$ м) и расстояния между ними, определено, что число светильников в ряду должно быть 3, и число рядов – 3, т.е. всего светильников должно быть 9 (рисунок 13).

Индекс помещения по формуле:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)} = \frac{84}{2,25 \cdot (12 + 7)} = 1,96$$

где S – площадь помещения, м²;

h – высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м;

А, Б – длина и ширина помещения.

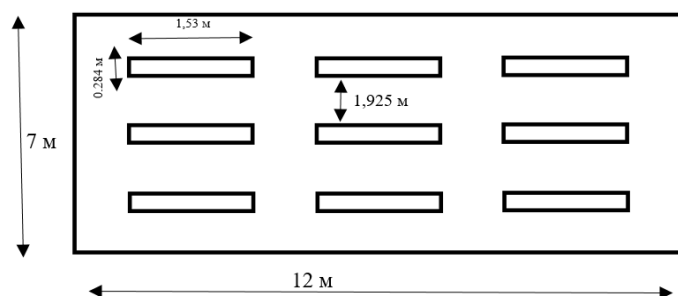


Рисунок 13 – Расположение светильников в помещении

Тогда для светильников типа ШОД $\eta=0,36$

Величина светового потока лампы определяется по следующей формуле:

$$\Phi = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot Z}{n \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 1.5 \cdot 12 \cdot 1.1}{9 \cdot 0.36} = 1833.33 \text{ Лм}$$

где Φ – световой поток каждой из ламп, Лм;

E – минимальная освещенность, Лк;

k – коэффициент запаса;

S – площадь помещения, м²;

n – число ламп в помещении;

η – коэффициент использования светового потока выбирается из таблиц в зависимости от типа светильника, размеров помещения, коэффициентов отражения стен и потолка помещения;

Z – коэффициент неравномерности освещения (для светильников с люминесцентными лампами $Z=1,1$).

По результатам расчёта выбрана лампа ЛД мощностью 20 Вт. Таким образом, система общего освещения рабочего кабинета должна состоять из 9 лампового светильника типа ШОД с люминесцентными лампами ЛБ мощностью 20 Вт, построенных в 3 ряда по 3 светильников.

Приходим к выводу, что освещение в помещении является

недостаточным и не соответствует требованиям безопасности. Для решения данной проблемы нужно изменить освещение в помещении в соответствии с вышеприведенными расчетами.

В помещении находятся два рабочих места. Режим работы 08:00 до 20:00, обеденный перерыв с 12:00 до 13:00. На рабочем месте находится 4 компьютера с монитором Asus диагональю 21 дюйм, соответствующий ТСО'99, телевизор Daewoo 43 дюйма и принтер HP LaserJet 1010. Вентиляционные устройства выбраны в зависимости от назначения помещений и санитарно-производственных вредностей, выделяющихся в них.

Блок машинного зала отличается выделением тепла от технологического оборудования и характеризуется отсутствием обслуживающего персонала.

Вентиляция помещений блока машзала – обще обменная, приточно-вытяжная с естественным побуждением.

Воздухообмен в помещениях пульта управления и КРУ определен на ассимиляцию теплоизбытков в теплое время года при температуре удаляемого воздуха не более 35 °С по условиям эксплуатации электротехнического оборудования.

Параметры трудовой деятельности сотрудника данного помещения определены с учетом следующих нормативно-правовых документов:

1) Трудовой кодекс Республики Казахстан от 23 ноября 2015 года № 414-V;

2) Кодекс Республики Казахстан от 18 сентября 2009 года № 193-IV О здоровье народа и системе здравоохранения;

3) Приказ Министра национальной экономики Республики Казахстан от 28 февраля 2015 года № 169 «Об утверждении Гигиенических нормативов к физическим факторам, оказывающим воздействие на человека»;

4) Приказ Министра национальной экономики Республики Казахстан от 28 февраля 2015 года № 174 «Об утверждении Санитарных правил «Санитарно-эпидемиологические требования к зданиям и сооружениям

производственного назначения».

Производственные метеоусловия.

Для теплового самочувствия человека важно определенное сочетание температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха.

Параметры микроклимата кабинета следующие: категория работы – легкая 1а; в холодный период температура воздуха в помещении составляет от 21 до 23°C, влажность воздуха от 38 до 56 %. В теплый период температура воздуха в помещении составляет от 22 до 25°C, влажность воздуха от 42 до 62 %.

Таким образом, установлено, что реальные параметры микроклимата соответствуют оптимальным параметрам для данного вида работ. В помещение установлено два кондиционера которые охлаждают и увлажняют в особо жаркую погоду.

Теплоснабжение станции предусмотрено отопительно-вентиляционной установкой, работающей от электрической энергии.

В электротехнических помещениях с кратковременным пребыванием людей приняты параметры воздуха по условиям нормальной эксплуатации оборудования по ПУЭ. В помещениях пристройки (пульт управления, КРУ) теплотери в холодное время года частично компенсируются тепловыделениями от электрооборудования. Недостающее тепло восполняется электрорадиаторами.

Предельно допустимые значения интенсивности ЭМИ РС (Епду, Нпду, ППЭпду) в зависимости от времени воздействия в течении рабочего дня (рабочей смены) и допустимое время воздействия в зависимости от интенсивности ЭМИ РС определяются по следующим формулам:

$$E_{пду} = \frac{ЭЭЕнд}{T} \cdot \frac{1}{2T} = \frac{ЭЭ}{E2} \quad (15)$$

$$H_{пду} = \frac{ЭЭНду}{T} \cdot \frac{1}{2T} = \frac{ЭЭ}{H2} \quad (16)$$

$$ПП_{нд\gamma} = \frac{ЭЭПП_{нд}}{ТТ} = \frac{ЭЭПП_{нд}}{ППЭ} \quad (17)$$

Предельно допустимые уровни напряженности электрической и магнитной составляющих в диапазоне частот от 30 кГц до 300 МГц. На основании проведенных замеров, уровень напряженности электрической и магнитной составляющих, находится на допустимом уровне.

Работа дежурного по ГЭС связана непосредственно с компьютером, а, следовательно, подвержена воздействию опасных факторов производственной среды. Этими факторами являются:

- электроопасность;
- пожароопасность.
- механические опасности, связанные с технологическим процессом работы ГЭС.

Влияние электрического тока. В рассматриваемом рабочем месте, находится применяемые в работе компьютеры, принтер, которые представляют собой опасность повреждения переменным током. Источники постоянного тока на рабочем месте отсутствуют.

Пожароопасность. Здание станции относятся ко II степени огнестойкости и к категории производства по пожарной опасности «Д». Расстояние от наиболее удаленного рабочего места до ближайшего эвакуационного выхода наружу менее 20 м. Строительные конструкции выполняются из негорючих материалов и обеспечивают требуемый предел огнестойкости для данной степени огнестойкости здания 0,25 часа. Все металлические конструкции не требуют применения огнезащитных мероприятий.

Согласно СН РК 2.02-11-2002, Система автоматической пожарной сигнализации предназначена для обнаружения возгорания в начальной стадии развития пожара и для передачи сигнала тревоги на приемно-контрольные приборы, установленные в помещении с круглосуточным пребыванием людей.

Дежурный, после визуального осмотра, при необходимости, в ручном

режиме включает систему оповещения о пожаре и принимает необходимые меры по его ликвидации, согласно инструкции. Для тушения пожаров применяются ручные огнетушители ОПУ – 8.

Механические опасности, связанные с технологическим процессом работы ГЭС.

В технологическом процессе работы Коринской ГЭС представляет опасность оборудование, к которому относятся в том числе гидроагрегаты, затворы. Механическую опасность также представляют неровные и скользкие поверхности, острые углы, лестницы. В результате действия механических опасностей возможны телесные повреждения различной тяжести.

5.3 Охрана окружающей среды

Для реализации мероприятий по охране окружающей среды в штате Коринской ГЭС имеется эколог, который ведет экологическую отчетность в соответствии с Кодексом Республики Казахстан от 9 января 2007 года № 212-III «Экологический кодекс Республики Казахстан».

В рамках защиты окружающей среды на Коринской ГЭС организованы следующие мероприятия:

1) рыбозащитные и рыбопропускные устройства – комплекс устройств, совмещенных с конструкциями водоприемников или расположенных в компоновке водозаборных сооружений, предназначенный для предотвращения гибели рыб непосредственно в водоприемниках или перед ними.

2) очистка сточных вод производственной канализации. Производственная канализация предназначена для сбора воды с пола машзала, протечек из уплотнений вала турбины. Перечисленные стоки самотеком поступают в колодец замасленных стоков с последующей откачкой из него насосом в маслосборник с «Автопеном» с последующим отводом очищенных вод в отводящий канал.

3) сточные воды от бытовых помещений самотечным трубопроводом из пластмассовых труб собираются в накопительную емкость, откуда ассенизационными машинами отвозятся в места согласованные с СЭС.

5.4 Защита в чрезвычайных ситуациях

На Коринской ГЭС возможны следующие чрезвычайные ситуации природного характера: землетрясения, сели, оползни, ураганы, снегопады, ливневые дожди, половодье.

Землетрясение является одним из наиболее опасных видов природных чрезвычайных ситуаций, так как может вызывать множество вторичных поражающих факторов.

В соответствии со СНиП «Строительство в сейсмических районах» территория ГЭС на р. Кора относится к территории, на которой возможно возникновение сейсмических воздействий силой 9_2 балла.

Для обеспечения сейсмостойкости несущих конструкций и фундаментов соблюдены антисейсмические мероприятия, в том числе:

- применены материалы, конструкции и конструктивные схемы, обеспечивающие снижение сейсмических нагрузок, в том числе системы сейсмоизоляции, динамического демпфирования
- конструктивные и объемно-планировочные решения приняты симметричные с равномерным распределением нагрузок на перекрытия, массы и жесткостей конструкций в плане и по высоте; стыки элементов расположены вне зоны максимальных усилий.

Предупреждение и ликвидация ЧС осуществляется согласно плану службы гражданской защиты на мирное и военное время.

5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Обеспечение безопасности на Коринской ГЭС регламентируют

следующие документы:

- Трудовой кодекс Республики Казахстан от 23 ноября 2015 года № 414-V;
- Приказ Министра энергетики Республики Казахстан от 30 марта 2015 года № 247 Об утверждении Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей;
- внутренние инструкции по безопасной эксплуатации оборудования ГЭС.

Организационные мероприятия по компоновке рабочей зоны:

- проход слева, справа и спереди от стола 500 мм;
- экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии от 600 до 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

– дизайн ПЭВМ должен предусматривать окраску корпуса в спокойные мягкие тона с диффузным рассеиванием света. Корпус ПЭВМ, клавиатура и другие блоки и устройства ПЭВМ должны иметь матовую поверхность с коэффициентом отражения 0,4-0,6 и не иметь блестящих деталей, способных создавать блики.

– конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы;

– конструкция рабочего стула (кресла) обеспечивает поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ и позволяет изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбран с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ;

- расстояние от спинки стула до границы рабочей зоны не менее

300 мм.

5.6 Выводы по разделу «Социальная ответственность»

Обеспечение безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности является одним из важнейших приоритетов в целях сохранения человеческого капитала.

Рабочие места на Коринской ГЭС соответствуют всем нормативным требованиям Республики Казахстан в сфере охраны труда, гигиенических и санитарных условий труда. выполняются мероприятия по защите персонала на случай чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также мероприятия по охране окружающей среды.

Заключение

Современное социально-экономическое развитие общества сложно представить без источников энергии. Гидроэлектростанции являются одним из наиболее востребованных и доступных источников получения энергии. Но их строительство и эксплуатация зачастую сопровождается негативными явлениями – гидротехнические сооружения могут оказывать пагубное воздействие на хозяйство и природу речных долин как ниже, так и выше створа плотин и являться потенциальным источником опасности, ведь прорыв плотины может нести угрозу жизни и здоровью людей, животных, парализовать инфраструктуру населенных пунктов и привести к сбоям в работе объектов экономики, что в свою очередь выливается в значительный материальный ущерб.

Как показало проведенное исследование, подпорные гидротехнические сооружения в большинстве случаев долговечны, надежны и функционируют столетиями, но все же были случаи, когда плотина не выдерживала даже первого пуска, когда водохранилище полностью заполнялось водой.

За последнее десятилетие в Казахстане произошла череда наводнений, связанных с авариями на гидротехнических сооружениях. Особо крупным стал прорыв плотины Кызылагаш, тогда погибли 43 человека.

В ходе работы были изучены нормативно-правовые акты Республики Казахстан в области обеспечения безопасности гидротехнических сооружений, а также научная литература по данному вопросу. Также был проведен статистический анализ аварий на плотинах, который показал, что разрушение основания плотины и недостаточность водосброса являются основными причинами аварий на них.

В ходе работы также была изучена ГЭС на р. Кора и проведен анализ существующей системы безопасности.

ГЭС на р. Кора деривационного типа, установленной мощностью 28,5 МВт. Наиболее опасным ее сооружением является бетонная гравитационная плотина, которая имеет высоту 15 м и ширину 96 м.

Несмотря на то, что эта гидроэлектростанция совсем молодая, и была построена с учетом современных требований, оснащена новейшим оборудованием, в ходе анализа были выявлены некоторые нарушения, в частности не в полном объеме имеется на объекте строительная документация, необходимая для эксплуатации объекта.

В расчетной части данной дипломной работы были определены возможные сценарии развития аварии на плотине ГЭС, а также проведен расчет волны прорыва для случая полного разрушения плотины.

Расчетом были определены параметры волны прорыва в створах г. Текели и с. Каратальское. Максимальная высота волны прорыва в створе г. Текели до 7,5 м со скоростью 2,4 м/с, а к с. Каратальское подойдет волна 6,9 м со скоростью 2,3 м/с. На основании расчета была построена зона затопления.

Главной частью данной работы стала разработка системы защиты плотины гидротехнического сооружения при быстром подъеме уровня воды водохранилище на примере ГЭС на р. Кора. В данной работе представлены инженерные решения по недопущению разрушения плотины:

- 1) организация резервного водосброса с отводом воды в русло реки ниже по течению;

- 2) замена затвора на плотине затвором со встроенными электрообогревательными элементами с целью недопущения образования наледи на направляющих затвора: обмерзание может привести к тому, что затвор не сможет открыться для пропуска воды, а это может привести к аварийной ситуации.

Применение этих решений на практике позволит повысить уровень безопасности гидротехнического сооружения.

Подводя итог, можно сказать, что поставленные задачи успешно решены и цель данной работы достигнута.

Список использованных источников

1. Бальзанников, Михаил Иванович. Применение быстротвердеющих веществ для формирования противofильтрационных элементов в плотинах из каменных материалов [Электронный ресурс] / М.И. Бальзанников, А.А. Михасек. — Электрон. текстовые дан. (1 файл: 1 Мб) // Инженерно-строительный журнал: специализированный научный журнал / Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Инженерно-строительный институт. – Санкт-Петербург: 2012. – № 3 (29);
2. Багов Р.А., Цей Р. Об основных понятиях теории фильтрации и основных этапах ее развития // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки, № 4, 2007;
3. Жуковский Н.Е. Собрание сочинений. Т. 3. – М.: Гослитиздат, 1949. – 700 с;
4. Беллендир Е. Н., Никитина Н. Я. Управление риском аварий гидротехнических сооружений – проблемы, подходы, опыт, перспективы // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – 2003. – №. 3. – С. 124-135;
5. Пономарева И. Н., Мордвинов В. А. Подземная гидромеханика: Учебное пособие // Пермь, Перм. гос. техн. ун-т. – 2009;
6. Сольский С. В., Новицкая О. И., Кубетов С. В. Оценка эффективности дренажных и противofильтрационных устройств бетонных плотин на скальном основании (на примере Бурейской ГЭС) // Инженерно-строительный журнал. – 2014. – №. 4. – С. 28-38;
7. Павловская Л.Н. Расчет фильтрации под бетонной плотиной с завесой и глубоким дренажем в основании // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 1981. Т. 146. С.31-38;
8. Павловская Л.Н. О методике обоснования возможности отказа от

устройства цементационной завесы в скальном основании бетонной плотины // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 1981. Т. 117. С. 95-101;

9. Павловская Л.Н., Фомина Н.Е. Влияние анизотропии скального основания бетонной плотины на фильтрационное давление // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 1988. Т. 209. С. 9-13;

10. Павловская Л.Н., Александров М.Г., Сапегин Д.Д. Сопоставление фактических и расчетных фильтрационных характеристик в скальном основании бетонной плотины (на примере плотины Саяно-Шушенской ГЭС) // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 2008. Т. 235. С. 95-103;

11. Павловская Л.Н. Противодействие на подошву бетонной плотины на скальном основании // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 1996. Т. 231. С. 119-125;

12. Стефанишин Д. В., Штильман В. Б. К оценке вероятности перелива воды через гребень плотины // Инженерно-строительный журнал. – 2012. – №. 9. – С. 35;

13. Пат. 2263178 Российская Федерация, МПК7 E02B7/18. Способ защиты гидротехнического сооружения от разрушения/ Седых А.Н.; заявитель и патентообладатель Военный инженерно-технический университет. – № 2003135253/03; заявл. 03.12.2003; опубл. 20.05.2005, Бюл. № 30;

14. Бюллетень Международной Комиссии по большим плотинам (ICOLD), 72, 1989;

15. Закон Республики Казахстан от 7 июля 2004 года № 580-III «Об обязательном страховании гражданско-правовой ответственности владельцев объектов, деятельность которых связана с опасностью причинения вреда третьим лицам» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 01.01.2019 г.);

16. Приказ Министра внутренних дел Республики Казахстан от 27 марта 2015 года № 264 Об утверждении норм обеспечения спасателей продуктами питания при несении дежурства, а также в период проведения аварийно-спасательных и неотложных работ с оплатой расходов за счет

средств, выделяемых на содержание профессиональных аварийно-спасательных служб и формирований;

17. Водный кодекс Республики Казахстан от 9 июля 2003 года № 481-ІІ;

18. Закон Республики Казахстан № 188-V от 11 апреля 2014 года «О гражданской защите» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 10.01.2015 г.);

19. Закон Республики Казахстан № 603-ІІ от 9 ноября 2004 года «О техническом регулировании»;

20. Приказ Министра энергетики Республики Казахстан от 30 марта 2015 года № 247 Об утверждении Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей;

21. Приказ Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от 31 марта 2015 года № 19-4/286 «Об утверждении Правил обеспечения безопасности водохозяйственных систем и сооружений»;

22. Приказ Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от 31 марта 2015 года № 19-4/289 «Об утверждении критериев безопасности водохозяйственных систем и сооружений»;

23. МСН 33-01-2012 «Гидротехнические сооружения. Основные положения»;

24. СН РК 3.04-01-2018 «Гидротехнические сооружения» (приложение 1 к приказу председателя Комитета по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 5 декабря 2018 года № 249-нк);

25. СН РК 3.04-02-2014 и СП РК 3.04-102-2014 «Проектирование бетонных и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений»;

26. СН РК 3.04-06-2014 «Тоннели гидротехнические»;

27. СП РК 3.04-107-2014 «Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)»;

28. СН РК 3.04-08-2014 и СП РК 3.04-1082014 «Проектирование,

строительство и эксплуатация гидротехнических сооружений на подрабатываемых горными работами территориях;

29. СП РК 3.04-105-2014 «Плотины из грунтовых материалов»;

30. СН РК 3.04-04-2014 и СП РК 3.04-104-2014 «Плотины бетонные и железобетонные»;

31. СН РК 3.04-03-2018 «Основания гидротехнических сооружений» (приложение 2 к приказу председателя Комитета по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 5 декабря 2018 года № 249-нк);

32. Кузина А. Д., Рагулин К. Г., Пирогов Е. В. Фильтрационная прочность оснований гидротехнических сооружений // Синергия Наук. – 2017. – №. 16. – С. 477-502.

33. Лейбензон Л.С. Собрание трудов: в 2 т. – М.: АН СССР, 1953. – Т. 2: Подземная гидрогазодинамика, – 544 с.;

34. Ерахтин Б., Ерахтин В. Строительство гидроэлектростанций в России. Учебно-справочное пособие для вузов и инженеров гидростроителей. – Litres, 2015;

35. Саинов М., Котов Ф. Расчет и проектирование бетонных водосливных плотин на нескальном основании. – Litres, 2019;

36. Лятхер В.М., Яковлев Ю.С. Динамика сплошных сред в расчётах гидротехнических сооружений. Учебное пособие. М.: Изд. Центр «Энергия», 1976;

37. Нумеров С.Н., Панасенко Л.А. О фильтрации грунтовых вод в горизонтальном напорном пласте, перекрытом несовершенной полупроницаемой диафрагмой // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 1981. Т146. С.13-21;

38. Плотины и развитие: новая методическая основа для принятия решений. Отчет Всемирной комиссии по плотинам. – М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2009 г. – 200 с;

39. Разработка и создание комплекса мероприятий по обеспечению

безопасности гидротехнических сооружений. Методическое пособие. ЕЭКООН / ИКМФСА, Алматы – 2014;

40. Щедрин В. Н. и др. Надежность и безопасность гидротехнических сооружений мелиоративного назначения. – 2011;

41. Волосухин В. А., Волосухин Я. В. О проблемных вопросах в области безопасности гидротехнических сооружений // Мониторинг: Наука и безопасность. Специальный выпуск, 2013, с.84-97;

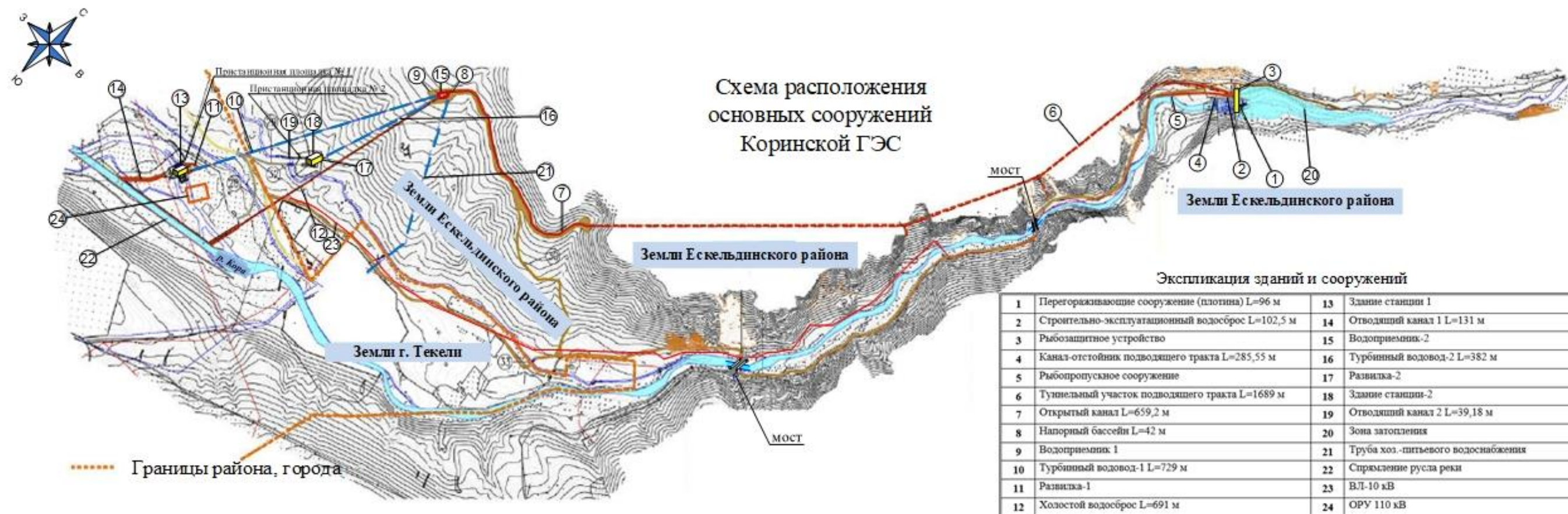
42. Василевский А. Г., Серков В. С. Безопасность плотин. О ст.: Иващенко И.Н., Радкевич Д.Б., Иващенко К.И. Вероятностная оценка риска аварий плотин по результатам их мониторинга и обследований // Гидротехническое строительство, № 3, 2013, с.21-23;

43. Указания по расчету систем обогрева элементов гидромеханического оборудования гидротехнических сооружений: ВСН 029-70/МЭиЭ СССР. Главниипроект. ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. – Л.: Энергия. 1971;

44. Приказ Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от 2 декабря 2015 года № 19-2/1054 Об утверждении Правил, определяющих критерии отнесения плотин к декларируемым, и Правил разработки декларации безопасности плотины (Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 30 декабря 2015 года № 12660)/

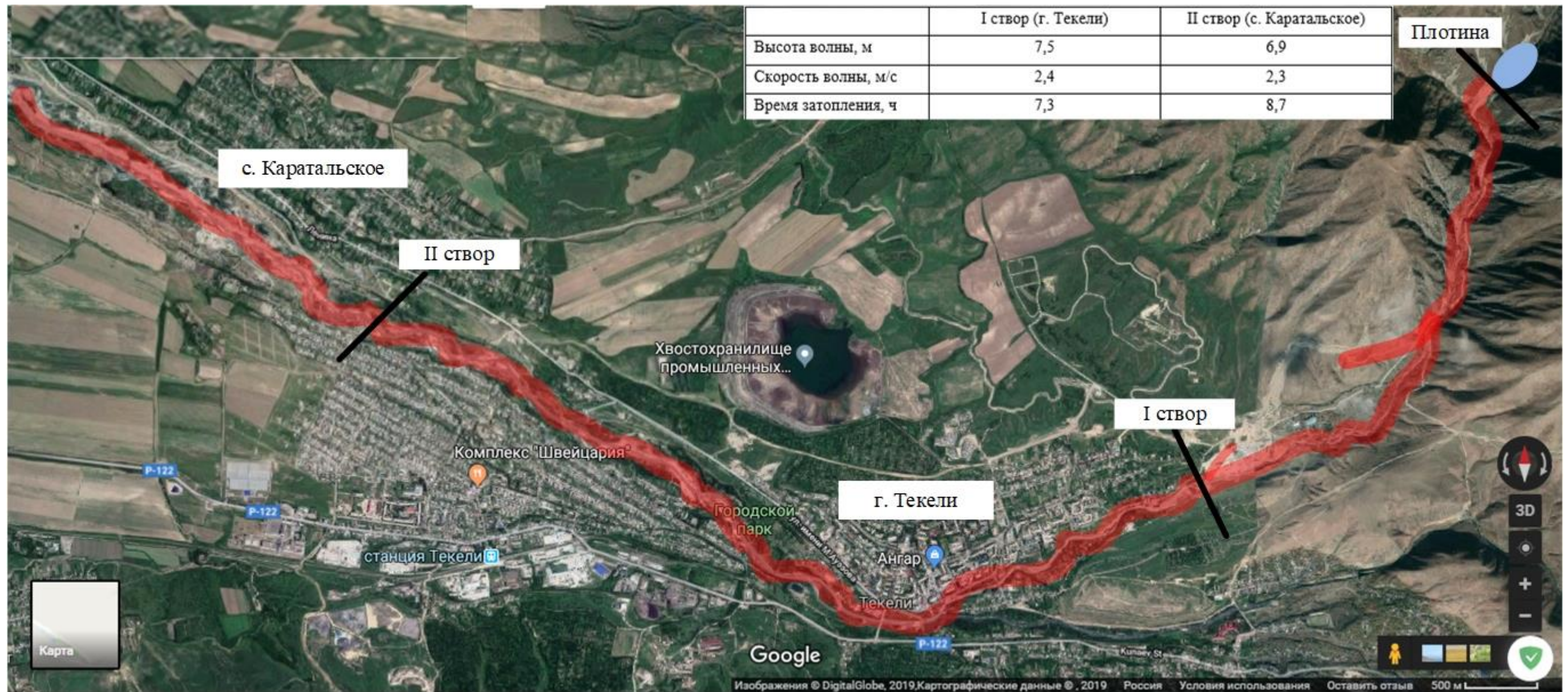
Приложение А
(Обязательное)

Схема расположения основных сооружений Коринской ГЭС



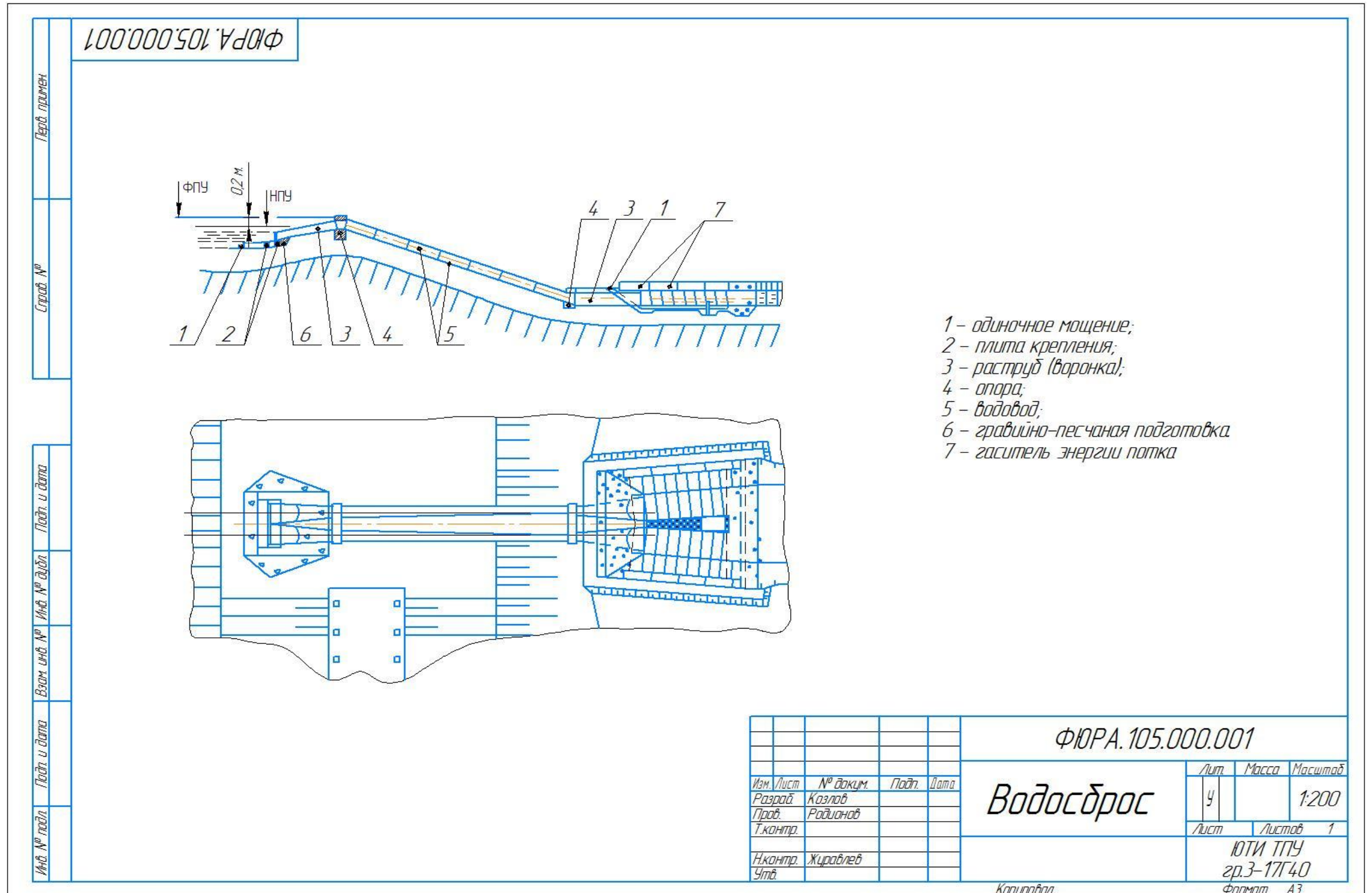
Приложение Б
(Обязательное)

Границы зоны затопления при разрушении плотины ГЭС на р. Кора



Приложение В
(Обязательное)

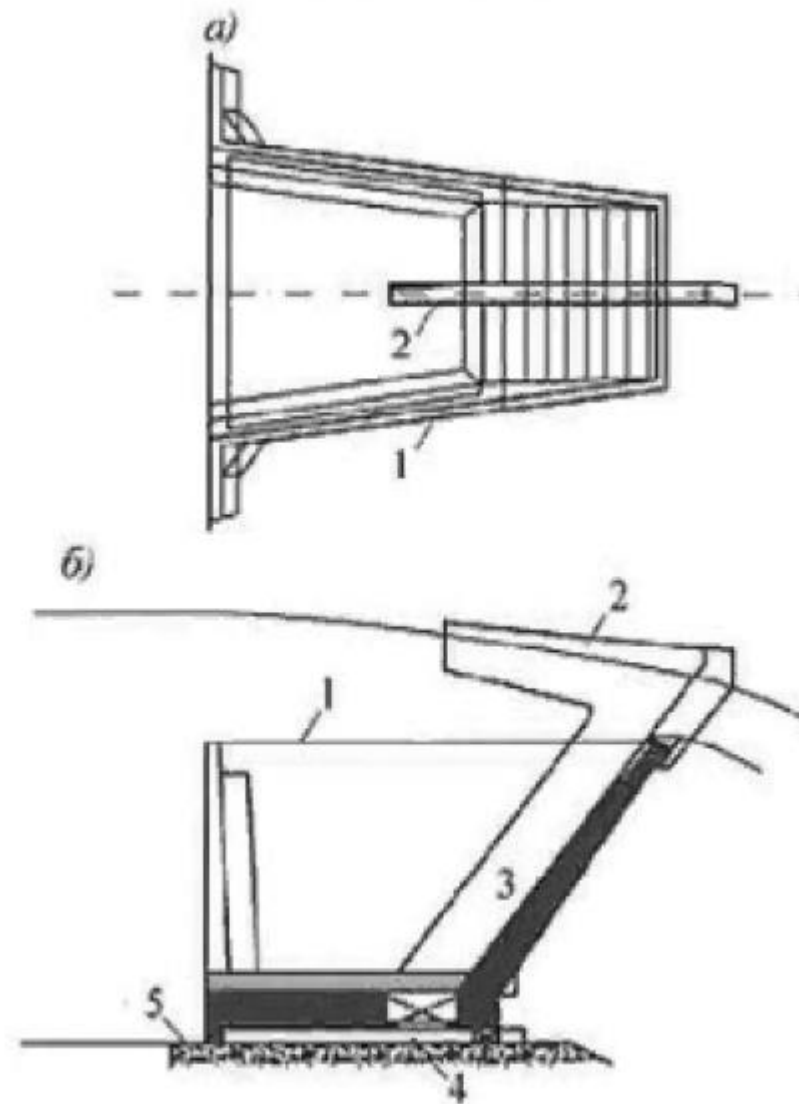
Резервный водосброс с отводом воды в русло реки



Приложение Г

(Обязательное)

Затвор водосливной одноразовый



a) – план;

б) – продольный разрез;

1 – гребень лабиринтного водослива;

2 – гребень водоприемника рабочей камеры;

3 – водослив рабочей камеры;

4 – рабочая камера;

5 – гребень плотины (порог затвора).

Приложение Д
 (Обязательное)
 Затвор плотины металлический с электрообогревом

