**Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры**

**им. Н. Исанова**

Диссертационный совет К 05.10.412

На правах рукописи

**УДК 628.5:63 (043)**

**Калиев Сержан Муратович**

**ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ВОДОРЕГУЛИРУЮЩИХ СООРУЖЕНИЙ СИСТЕМЫ СЕЛЬХОЗВОДОСНАБЖЕНИЯ**

05.23.04 – Водоснабжение, канализация и строительные системы охраны водных ресурсов

Автореферат диссертации

на соискание ученой степени кандидата

технических наук

**Бишкек – 2012**

Работа выполнена в Казахском Национальном Техническом Университете имени К.И. Сатпаева

Научный руководитель: Доктор технических наук,

доцент Шинибаев А.Д.

Официальные оппоненты: Доктор технических наук,

доцент Колпакова В.П.

Кандидат технических наук, старший

научный сотрудник Иманбеков С.Т.

Ведущая организация: АО «Кыргызсуудолбоор», г. Бишкек

Защита состоится «04» мая 2012 г. в 12.00 часов на заседании Диссертационного Совета К 05.10.412 по защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук при Кыргызском Государственном Университете Строительства, Транспорта и Архитектуры имени Н.Исанова по адресу: 720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева, 34 б; факс: (996 312) 548 566.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Кыргызского Государственного Университета Строительства, Транспорта и Архитектуры имени Н.Исанова.

Автореферат разослан « » апреля 2012 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета

К 05.10.412, к.т.н., доцент Маданбеков Н.Ж.

Общая характеристика работы

Актуальность темы. В последние годы одним из основных приоритетов «Стратегия развития «Казахстан – 2030»» особое внимание уделяются вопросам внедрения новых технологий при строительстве и реконструкции открытых водорегулирующих сооружений системы водоснабжения, c целью повышения надежности и безопасности работы водохозяйственных систем и водорегулирующих узлов сельскохозяйственного (сельхоз) водоснабжения.

Масштабы развития промышленности и сельского хозяйства требуют все возрастающего и интенсивного вовлечения в хозяйственный оборот водных ресурсов. Уже сейчас на значительной части территории страны ощущается нехватка воды, ухудшается ее качество, нарушаются гидрогеологический, биологический солевой режимы, и поэтому возникает необходимость совершенствования управления водными ресурсами с внедрением в водном хозяйстве страны эффективных водосберегающих технологий водорегулирующих сооружений системы сельхозводоснабжения.

По результатам многочисленных научно-исследовательских работ видно, что одним из основных причин повреждения крепления нижнего бьефа, а в отдельных случаях и самих водорегулирующих сооружений систем сельхозводоснабжения, является появление местного размыва русла. В связи с этим местный размыв русла происходит преимущественно из-за недостаточно полного гашения избытка кинетической энергии потока и неравномерности распределения удельных расходов по живому сечению в конце крепления водорегулирующих узлов. На открытых водорегулирующих сооружениях системы сельхозводоснабжения происходит преждевременный выход из строя ориентировочно до 38% регулирующих узлов сельхозводоснабжения, при этом создаются опасные аварийные ситуации. В связи с этим, все вопросы изучения технологических процессов по устойчивой работе водорегулирующих систем и сооружений сельхозводоснабжения, а также разработка мероприятий по повышению надежности работы водорегулирующих сооружений имеют важное научно-практическое значение и отличаются актуальностью.

Необходимо отметить, что состояние потока за водорегулирующими сооружениями зависит от видов сопряжения бьефов, определяется особенностями конструкции водорегулирующих узлов, а также их условиями эксплуатации. Все рассмотренные задачи и полученные результаты по размещению различных конструктивных устройств, обеспечивающих наиболее благоприятные виды сопряжения бьефов при разных режимах работы сооружения по повышению надежности работы водорегулирующих узлов систем сельхозводоснабжения, были рассмотрены при выполнении научно-исследовательских работ по различным темам научно-технических программ республиканского уровня проведенные в 2004-2011 годы.

Объект исследования диссертации. Водорегулирующие сооружения системы сельхозводоснабжения. Бьефы за водорегулирующими сооружениями сельхозводоснабжения, многопролетные регуляторы в нижнем бьефе сооружений.

Целью диссертационной работы является повышение надежности работы используемых на открытых водорегулирующих сооружений системы селхозводоснабжения путем изучения причин, вызывающих местный размыв грунта, разработка технических мероприятий и методики расчета гасителей энергии потока.

Для достижения указанной цели сформулированы следующие задачи:

− анализ современного состояния и изучения способов предотвращения водорегулирующих сооружений от местных размывов;

− теоретическое исследование видов сопряжения бьефов на водорегулирующих сооружениях и выяснения особенностей причин образования сбойного течения, влияющих на повышение надежности работы сооружений;

− изучение процесса гашения избытка кинетической энергии потока за водорегулирующими сооружениями;

− экспериментальное исследование видов сопряжения бьефов за многопролетными водорегулирующими сооружениями;

− исследование влияния условий эксплуатации работы многопро­летных шлюзов-регуляторов в нижнем бьефе и установление оптимальных параметров потока;

− разработка методики расчета гасителей в нижнем бьефе в условиях пространственной формы сопряжения потока;

− разработка технических мероприятий по обеспечению предотвращения сооружения от местного размыва, с целью повышения надежности работы водорегулирующих сооружений.

Методика исследования. Использованы методика теоретических и экспериментальных исследований динамики водного потока, методика расчета водобойных стенок русла и определения надежности работы сооружений системы сельского водоснабжения.

Научная новизна работы:

- теоретические и экспериментальные результаты исследований формы сопряжения бьефов на открытых источниках водоснабжения;

- особенности режима работы многопролетных регуляторов потока воды и их влияние на размеры воронки местного размыва;

- способы гашения кинетической энергии потока за регулирующими сооружениями и рекомендуемые параметры для проектирования водозаборных сооружений;

- разработка рекомендаций для предотвращения местного размыва русла водозаборных сооружений поверхностных вод с целью повышения надежности работы сооружений системы сельского водоснабжения в целом.

**Научные положения, выносимые на защиту:**

− теоретически и экспериментально обоснованные формы сопряжения бьефов на открытых источниках системы сельхозводоснабжения и параметры глубины прыжка в отводящем русле, позволяющие предотвратить местный размыв;

− результаты экспериментальных исследований режимов работы многопролетных регуляторов скорости потока, методика расчета гасителей избытка кинетической энергии потока, основные рекомендуемые технологические параметры при проектировании сооружений;

− результаты натурных исследований за многопролетными водорегулирующими сооружениями, позволяющие предотвратить местный размыв и механические повреждения с целью повышения надежности работы водозаборных сооружений.

**Практическая значимость работы.** Разработанные технические решения позволяют реализовать мероприятия по предупреждению регулирующих сооружений на открытых источниках водоснабжения от разрушения, обеспечивать устойчивость работы водорегулирующих узлов.

Разработанная методика расчета водобойных стенок и комбинированных колодцев могут быть использованы инженерно-техническими работниками проектных и научно-исследовательских институтов и других организации при проектировании новых, а также при реконструкции эксплуатируемых гидротехнических сооружений, а также в ВУЗах при преподавании дисциплин «Водоснабжение», «Гидравлика» и «Гидрология, гидрометрия и гидротехнические сооружения».

Практическая реализация результатов работы. Результаты научно-исследовательской работы внедрены в ТОО «Эко-жобалау», а также внедрены в учебный процесс института архитектуры и строительства имени Т.К.Басенова КазНТУ имени К.И.Сатпаева.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, изложенных в диссертационной работе.

Научные положения, выводы и рекомендации подтверждаются результатами натурных исследований за многопролетными водорегулирующими сооружениями и теоретическими предпосылками форм сопряжения бьефов на открытых источниках системы водоснабжения и параметры глубины прыжка в отводящем русле, позволяющие предотвратить местный размыв, проведенными экспериментальными исследованиями, технологическими решениями.

Личный вклад соискателя:

− установлены условия и формы образования сопряжения нижнего бьефа за водорегулирующими сооружениями с учетом разнообразия прыжка воды в отводящем русле;

− на основе закона об изменении количества движения жидкости разработана формула для расчета параметров гидравлического прыжка, позволяющая рассмотреть взаимодействия потоков;

− разработаны усовершенствованная методика расчета сопряженных глубин в условиях пространственной формы сопряжения бьефов и размеров водобойных стенок, колодцев, в том числе колодцев комбинированного типа.

Апробация работы. Основные научные и практические результаты, полученные при выполнении диссертационной работы, изложены и обсуждены на международной научно-практической конференции «Архитектура и строительство в новом тысячелетии» (Алматы, 2009 г.), Miedzynarodowej naukowj-praktycnej konferenecl «Perspektywize opracowania sa nauka i technikami – 2010» (Польша, 2010 г.), Mezinarodni vedecko-praktika conference «Zpravy vedecke ideje-2010» (Чехия, 2010 г.), на международной научно-практической конференции «Интеллектуальная нация – конкурентоспособное государство» (Алматы: ЦАУ, 2011г.) и на ежегодных научно-практических конференциях КазНТУ им. К.И Сатпаева (Алматы 2008 -2011 г.г.).

Опубликованные результаты исследований. Основные результаты теоретических и экспериментальных исследований, составляющих содержание диссертационной работы освещены в 10 научных трудах, из которых 4 изложены в материалах Международных научно-практических конференции, 2 из которых опубликованы в зарубежных изданиях, 5 трудов написаны единолично, 2 статьи опубликованы в научных журналах, 1 статья в одном издании, рекомендованном Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОиН РК и 4 статьи в 4 изданиях, рекомендованных Высшим аттестационным комитетом Кыргызской Республики.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов и списка использованной литературы из 182 наименований и 2 приложений. Работа изложена на 164 страницах компьютерного набора, иллюстрирована 53 рисунками и 9 таблицами.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе диссертации приведен анализ современного состояния предотвращения водорегулирующих сооружений от местного размыва на открытых источниках системы сельхозводоснабжения, рассмотрены виды сооружений для регулирования расхода и уровня воды на открытых источниках сельхозводоснабжения, изучены процессы и меры предупреждения местного размыва за шлюзами-регуляторами системы сельхозводоснабжения.

Сельское хозяйство является одной из ведущих отраслей народного хозяйства. И все же в сельской местности проживает немногим меньше половины населения нашей страны.

Рост благоустройства сельских поселков, а также развитие сельскохозяйственного производства в последние годы предопределили высокие темпы развития сельскохозяйственного водоснабжения.

Вода в сельском хозяйстве расходуется в значительных количествах на хозяйственно-питьевые нужды населения, на животноводческих фермах, на предприятиях по первичной переработке сельскохозяйственной продукции, на приготовление жидких подкормок для пропашных культур, на охлаждение двигателей сельскохозяйственных машин и автомобилей, на полив растений в парниках и теплицах и т.д.

Для удовлетворения перечисленных потребностей в водных ресурсах используются системы сельскохозяйственного водоснабжения, а для полива всевозможных сельскохозяйственных культур в открытом грунте — оросительные системы.

Транспортировка воды из открытого источника водоснабжения (реки, озера, водохранилища) до объекта потребления, распределение ее между отдельными участками хозяйствования осуществляется при помощи систем каналов или водонапорных и безнапорных трубопроводов.

На рис. 1 показана схема подачи воды на орошение и водоснабжение населенного пункта из Кызыл-Кумского массива (канала).



Рис. 1. Схема сети орошения и водоснабжение Кызыл-Кумского массива (канала)

1- водозаборное сооружение, 2 - магистральный канал, 3 - распределительный канал, 4 - хозяйственный канал, 5 - канал подачи воды к населенному пункту,

6-водонапорная башня, 7-населенный пункт

Повреждение крепления нижнего бьефа на открытых водорегулирующих сооружениях системы сельхозводоснабжения, то есть гидротехнических сооружений может происходить в основном по строительным, эксплуатационным и проектным причинам. Для предупреждения повреждения сооружений водным потоком большое значение имеет исследование эксплуатационных (неодинаковая и несимметричная работа пролетов сооружения, пропуск расходов превышающих расчетных и др.) и проектных (недостатки конструкций выходной части сооружений и крепления нижнего бьефа) причин местных размывов отводящего русла за сооружениями.

Местный размыв русла за водорегулирующими сооружениями представляют собой одно из наиболее сложных явлений, имеющих место в гидротехнической практике. Явление же местного размыва представляет собой результат взаимодействия сооружения, потока и русла. Этим объясняется то, что в исследованиях по защите и предупреждению сооружений от местных размывов можно выделить три основных направления:

1. Исследования, посвященные выяснению механизма явления местного размыва русла и разработка методов моделирования явления потока.

2. Исследование кинематических характеристик потока на выходе из сооружения, видов сопряжения бьефов и изучение условий возникновения способности потока к размыву.

3. Разработка конструкций крепления нижнего бьефа, позволяющих предотвратить разрушение и улучшить надежность работы водорегулирующих сооружений.

Эти направления исследований тесно взаимосвязаны друг с другом и служат одной общей цели предотвращения и защите сооружений от разрушения из-за местных размывов. На сооружениях с размываемым отводящим руслом многими авторами проведены комплексные исследования с учетом отмеченных выше факторов, влияющих на глубину воронки размыва.

Научное направление в области очистки природных вод, технические основы водорегулирующих сооружений и технологий водохозяйственных сооружений систем сельхозводоснабжения были рассмотрены в работах исследователей Сарсекеева С.О., Турсунова А.А., Вагапова Р.И., Лаврова Н.П., Койбакова С.М. и др.), а вопросы эксплуатации объектов систем сельхозводоснабжения, в том числе водозаборных сооружений, рассматривались в научно-практических рекомендациях профессоров Тажибаева Л.Е., Мырзахметова М.М., Касымбекова Ж.К., Абдурасулова И.А., Соатова У.А., Шинибаева А.Д., Асанова А.А. и др.

Необходимо отметить, что исследования по предотвращению и защите водорегулирующих сооружений от местных размывов с целью повышения надежности работы проводились ведущими специалистами в следующих направлениях:

- определение механизма явления местного размыва русла в нижнем бьефе водорегулирующих сооружений на открытых источниках системы сельхозводоснабжения (Мирцхулава Ц.Е, Вызго М.С., Сурова Н.Н., ПлетневаЕ.В., Жулаева Э.Р. и др.)

- исследование кинематических характеристик потока, видов сопряжения бъефов и условий возникновения (Чертоусов М.Д., Угинчус А.А., ПавловскийН.Н., Шеренков И.А., Соловьева А.Г. и др.)

- разработка гасителей энергии потока и конструкций крепления нижнего бъефа (Чугаев Р.Р., Леви И.И., Шарлот Ю.М., Грицан В.В., Кошумбаев М.Б., Шинибаев А.Д. и др.)

Анализ опубликованных работ, посвященных этому направлению, показывает, что исследования по предотвращению и защите сооружений от местных размывов нельзя считать завершенным. Это связано, в определенной степени, с тем, что в современных конструкциях сопряжение становится очень сложным и многообразным при сжатии потока не только в плане, но и по глубине.

**Во второй главе** приведенотеоретическое обоснование видов сопряжения бьефов за водорегулирующими сооружениями системы сельхозводоснабжения.

Для разработки мероприятий по предотвращению повреждения потоком русла и крепления нижнего бьефа имеет особо значение изучение и всестороннем исследованием условий возникновения различных видов сопряжения бьефов, которые могут наблюдаться за водорегулирующими сооружениями.

Принято считать, что поток в нижнем бьефе можно называть «плоским», если удовлетворяется следующие требования:

 (1)

где  – коэффициент характеризующий степень сжатия потока в плане сооружением;

bc – ширина потока в сооружении;

bр – ширина потока в отводящем русле.

В тех случаях, когда указанные соотношения несправедливы, потоки за сооружениями считают «пространственными».

Для решения ряда задач, в частности для правильного назначения длины крепления нижнего бьефа, немаловажное значение имеет вопрос о длине прыжка и послепрыжкового участка. В расчетной практике пользуются эмпирическими зависимостями. Так, одна из наиболее простых формул длины прыжка имеет вид:

*ln = m · a* , (2)

где m – коэффициент, равный 5…7; а – высота прыжка.

В зависимости от соотношения между второй сопряженной глубиной прыжка и глубиной воды в отводящем русле в условиях плоской задачи могут иметь место следующие виды сопряжения потоков прыжком:

а) при h2>hнб – сопряжение отогнанным прыжком;

б) h2= hнб – прыжком надвинутым на сжатое сечение за щитом;

в) h2<hнб – затопленным прыжком.

Наиболее неблагоприятным, из трех указанных случаев, на наш взгляд, является сопряжение бьефов отогнанным прыжком, так как при этом для защиты сооружения от местных размывов требовалось бы устройство крепления нижнего бьефа неприемлемо большой длины. Поэтому, этот вопрос подробно будет рассмотрен в следующих главах.

Таким образом, прыжок и послепрыжковой участок представляют собой область, в которой часть энергии потока рассеивается из-за интенсивного турбулентного перемешивания жидкости. Эти потери энергии можно представить как разность энергии в сечениях перед прыжком при глубине h1 и конце после прыжкового участка при глубине потока h2.

Сбойное течение представляет собой участок искривления динамической оси потока в плане и одновременно расширения последнего за сечением, в котором он набегает на один из берегов.

Механизм явления сбоя (свала) потока к одному из берегов русла при затоплении прыжка расположенного в сечении полного растекания бурного потока, сжатого сооружением с двух сторон, до настоящего времени достаточно полно не раскрыт. Многократные наблюдения над этим явлением и анализ результатов исследований пространственной формы сопряжения бъефов, проведенных разными авторами, позволяет объяснить явление сбоя потока на основе следующих соображений.

Сжатое сечение гидравлического прыжка, расположенного в месте наибольшего растекания бурного потока проходит по линии равных глубин, представляющей собой кривую выпуклую в сторону нижнего бъефа.

Поэтому, в начале затопления такого прыжка, вода прорывается в водоворотные вальцы, охватывающие с боков участок растекания потока.

Известно, что при неравномерном распределении удельных расходов по ширине русла возникают оси эжекции. Влияние этих сил на раздельной (граничной) поверхности обуславливает увеличение удельных расходов в транзитном потоке, а влиянием их у твердой поверхности, обеспечивается устойчивость потока со сбойным течением в плане.

Влиянием эжекции обуславливается так же возникновением известного явления «раскачки бъефа» за низконапорным сооружениями. Как показывают опыты в начале затопления пространственного прыжка происходит «свал» транзитного потока к одному из берегов и особо интенсивное «отсасывание» воды из большого водоворотного вальца, вследствии чего глубина в начале вальца уменьшается и свободная поверхность, за сечением в котором транзитный поток набегает на берег, имеет обратный уклон. Уменьшение глубины в начале вальца создает условия для растекания в плане бурного потока и образования пространственного гидравлического прыжка, который впоследствии вновь затопляется, так как глубина в отводящем русле достаточно для этого большая.

Таким образом «раскачка бьефа» представляет собой многократное повторение цикла : свободное течение – растекание бурного потока – прыжок в сечении наибольшего растекания – сбойное течение, т.е. состоит из форм сопряжения бьефов, которые наблюдаются при постепенном увеличении глубины в нижнем бьефе.

«Раскачка бьефа» может наблюдаться сколь угодно долго, если удовлетворяются следующие два условия :

1. Глубина воды в отводящем русле незначительно превышает вторую сопряженную глубину прыжка надвинутого на сечение с полным растеканием бурного потока.
2. При сбойном течении из-за увеличения скорости потока и эжекции в начале участка сопряжения происходит местное уменьшение глубины достаточное для растекания бурного потока в плане.

За исследованиями нами сооружениями «раскачка бьефа» наблюдается при глубине в отводящем русле hнб=(0,84 – 0.85) hкр.  Медленное одностороннее расширение потока в плане при сбойном течении обуславливает высокую кинетичность его на большом удалении от выходного сечения и возможность значительного размыва как дна русла, так и берегов.

Для предупреждения местных размывов при меньшей длине крепления, необходимо расширение потока в плане и равномерное по ширине русла распределение удельных расходов при помощи гасителей энергии потока и растекателей.

Сбойное течение наиболее часто встречается на практике и вместе с тем представляет собой сравнительно малоизученный пространственный вид сопряжения бьефов.

Особенность сбойного течения заключается в искривлении динамической оси потока в плане и в движении его вдоль одного из берегов, что обуславливает резко выраженную неравномерность распределения удельных расходов по ширине русла. Также, в противоположность явлению растекания бурного потока в плане, для которого характерно уменьшение удельных расходов по течению вдоль динамической оси при сбойном течении происходит, наоборот, увеличение удельных расходов в транзитной части потока в первой половине участка сопряжения бьефов.

Плановое сжатие потока сооружением в общем случае может быть односторонним, двухсторонним, несимметричным и двусторонним симметричным.

Вид планового сжатия потока можно характеризовать специальным коэффициентом симметричности сжатия:

 (3)

где – расстояние от оси суженной части русла до ближнего берега в нижнем бьефе;

 – расстояние от оси суженной части русла до дальнего берега в нижнем бьефе.

За участком одностороннего сжатия потока после затопления пространственного прыжка происходит медленное одностороннее расширение в плане.

При двухстороннем несимметричном сжатии потока сооружением, после затопления прыжка, как правило он отклоняется (сбивается) к ближнему берегу и за сечением, в котором крайние струи достигают берега, двигается вдоль последнего претерпевая одностороннее, как и в предыдущем случае.

Двухстороннее симметричное сжатие является наиболее интересным случаем, когда поток отклоняется произвольно к одному из берегов, что заранее невозможно предугадать к которому берегу произойдет отклонение.

На рис. 2 показан участок сопряжения со сбойным течением, которое образуется после полного затопления пространственного прыжка. Основными параметрами, характеризующими такую форму сопряжения являются угол сбоя транзитного потока α и длина большого водоворотного вальца .

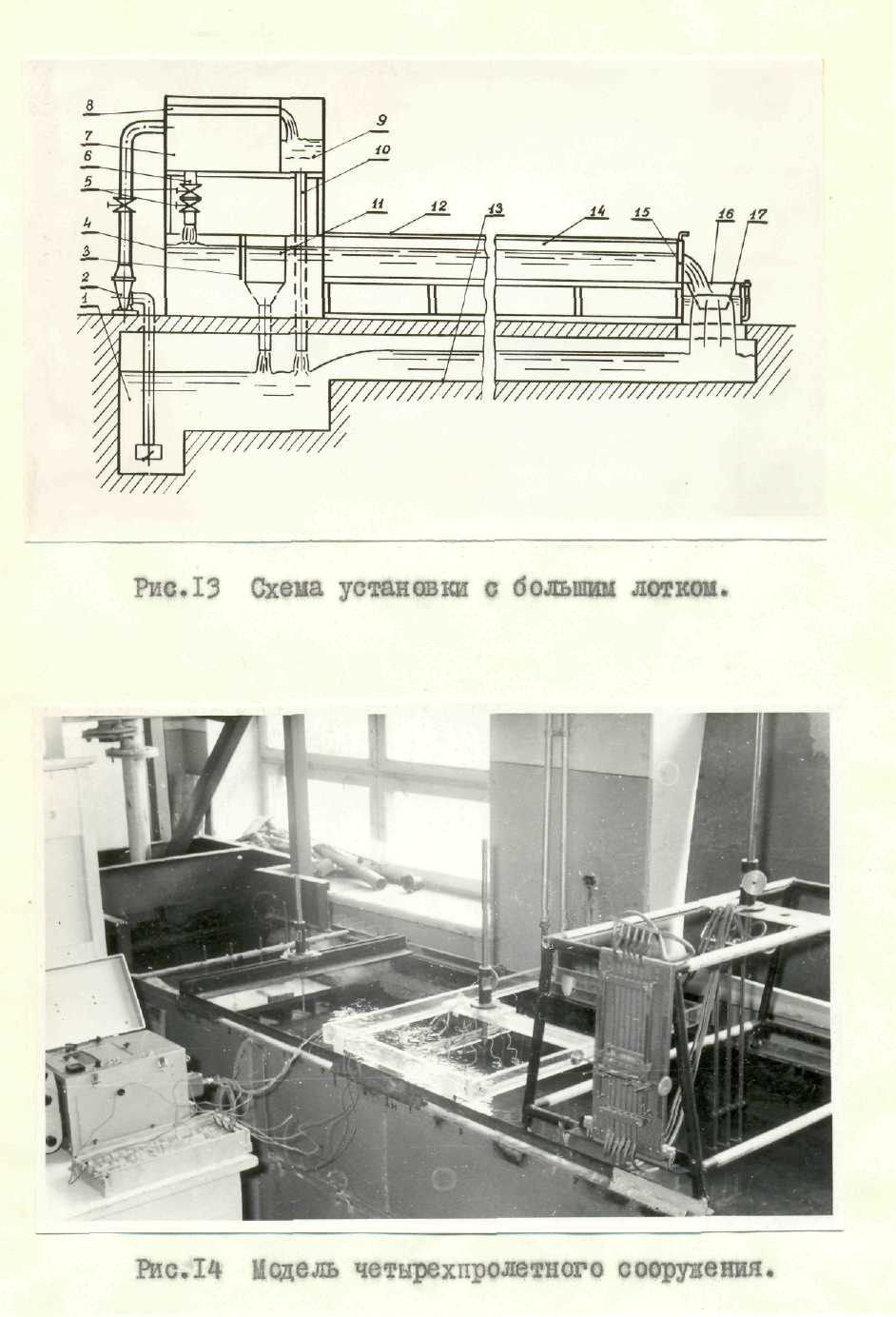
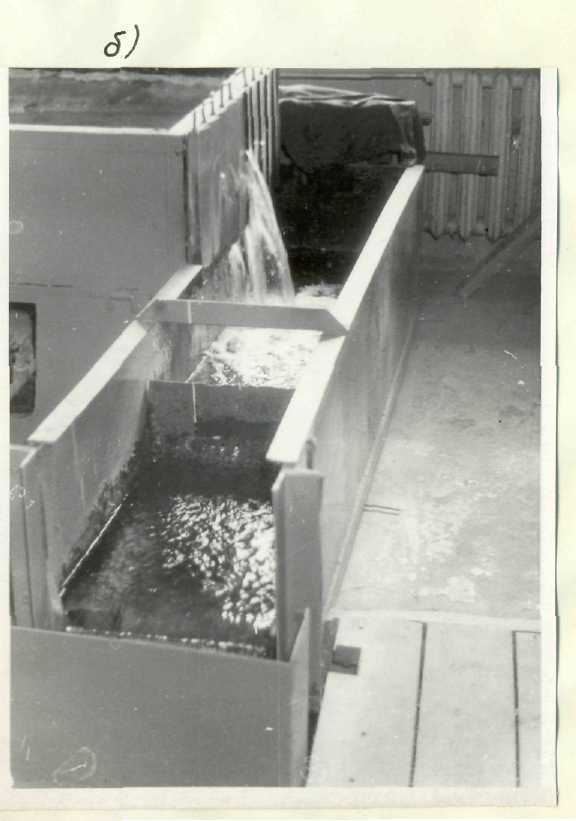


Рис. 2. Сопряжение потоков участков сбойного течения

В третьей главе разработана и смонтирована экспериментальная установка, составлена методика проведения исследований.

Для проведения исследований в лабораториях Казахского национального технического университета имени К.И.Сатпаева и Казахского НИИ Водного хозяйства были собраны два гидравлических лотка – большой (железный) с постоянным нулевым уклоном и малый (стеклянный) с переменным уклоном.

В большом лотке прямоугольного поперечного сечения шириной *вл* – 1м, глубиной *hл* =0,6м и длиной *lл*=9м была построена модель с размываемым отводящим руслом вначале трехпролетного (рис.3), а потом четырехпролетного регулирующего сооружения (рис. 4).



|  |  |
| --- | --- |
| Рис. 3. Модель трехпролетного сооружения | Рис. 4. Модель четырехпролетного сооружения |

Вторая экспериментальная установка, с малым стеклянным лотком, по общей компоновке подобна первой. Отличие заключается в том, что лоток шириной *вл*=42 см, глубиной *hл*=46 см и длиной *lл*=7 м, жестко соединенный с успокоителем, вместе с каркасом в виде формы из уголков в двутавровых балок установлен на шарнирной опоре, расположенной на расстоянии 1,5м от начала лотка.

В большом лотке была исследована работа двух моделей регулирующих сооружений с размываемым отводящим руслом трапецеидального поперечного сечения.

Геометрический масштаб модели был принят равным =25. Параметры характеризующие натурное сооружение и модель (при моделировании по критерию Фруда) сведены в табл. 1.

Таблица 1 – Параметры характеризующие натурные сооружение и модель

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметры | Натурного сооружения | Модели при =25 |
| Расход | 30 м3/сек | 9,6 л/сек |
| Глубина в нижнем бьефе при пропуске максимального расхода | 2,60 м | 10,4 см |
| Ширина русла по дну | 10,50 м | 42 см |
| Ширина и высота труб | 3,00 м | 12 см |
| Длина труб (проезжей части) | 12,90 м | 51,8 см |
| Длина крепления нижнего бьефа | 15,00 м | 60 см |
| Коэффициент заложения откосов | 1,75 | 1,75 |
| Гидравлический радиус | 1,87 м | 7,48 см |
| Площадь живого сечения потока в нижнем бьефе | 39,13 м2 | 626 см2 |

Геометрический масштаб модели значительно больше минимального допустимого масштаба модели, определяемого по зависимости:

, (4)

В качестве размываемого материала на моделях был использован натурный песок следующего состава: фракций с диаметром час­тиц = 0,5…0,25мм – 10%, с = 0,25…0,1 мм – 71,4%, с = 0,1…0,005 мм – 15% и глинистых частиц с = 0,005…0,001 мм – 3,5%. Удельный вес такого грунта равен γ4=2,69…2,73т/м3.

Согласно методике, разработанной Н.Н.Суровой, на моделях были использованы натурные пески. Глубина размыва при этом пересчи­тывалась не линейно, а с учетом специальной поправки по формуле:

 (5)

Величину поправки  можно определить по графику , построенному Н.Н.Суровой.

Поэтому величину средней допускаемой (не размывающей) скорости нуж­но принимать равной 75 % величины допускаемой скорости для крупных частиц, которых в грунте содержится более 10 %. Для песка использованного на модели расчетный диаметр частиц равен *dр* =0,5…0 ,25мм или dср.р. = 0,3 75 мм, так как таких частиц содер­жится 10,1 %.

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований режимов работы многопролетных регуляторов водорегулирующих сооружений системы сельхозводоснабжения.

Наибольшей способностью к плановому расширению спокойного потока обладает сплошная водобойная стенка. Распределительная способность гасителей зависит в отдельных случаях не только от формы и размеров самих гасителей, но и от величины критерия Фруда набегающего потока. При сбойном течении спокойного потока (<1) распределительная способность гасителя тем больше, чем ближе расположены выступы в ряду.

В общем случае спокойный поток при взаимодействии с водобойной стенкой расширяется на трех участках: перед стенкой в колодце, при истечении через стенку и в области пространственного прыжка. Если имеет место донное сопряжение потоков за гасителем, характерные особенности планового расширения потока сохраняются, при увеличении глубины в отводящем русле.

Высоту водобойной стенки для ликвидации опасных сбойных течений, при различных значениях глубины в отводящем русле, за многопролетными шлюзами – регуляторами можно выбирать исходя из высоты гасителя и глубины в нижнем бьефе.

Для улучшения условий растекания потока в нижнем бьефе многопролетных регулирующих сооружений с переездом, наряду с ориентацией гасителей под углом к оси русла, можно применять конструкции, в которых используется эжекционная способность струй.

В качестве указанной конструкции за трех и четырехпролетными сооружениями можно применять гасители в виде трех порогов, средний из которых выдвинут в сторону нижнего бьефа.

Как показывают проведенные эксперименты, в начале затопления пространственного прыжка происходит «свал» транзитного потока к одному из берегов и особо интенсивное «отсасывание» воды из большого водоворотного вальца, вследствие чего глубина в начале вальца уменьшается и свободная поверхность, за сечением в котором транзитный поток набегает на берег, имеет обратный уклон.

Опыты, проведенные на моделях трех и четырехпролетного сооружения, показывают, что с уменьшением глубины в отводящем русле гаситель в виде водобойной стенки обеспечивает большее расширение потока в плане. Это объясняется тем, что с уменьшением глубины в нижнем бьефе поток больше сжимается при истечении через водослив.

Наибольшее расширение потока в плане достигается при образо­вании сжатой глубины и прыжка за гасителем. При работе сооружения одним пролетом (наиболее тяжелых условиях работы) поток на­бегает на гаситель не по всему фронту. Поэтому заметно расши­ряется перед гасителем.

Непосредственно за гасителем наблюдается картина, напоминающая явление растекания бурного потока за сооружением. Линии равных глубин в этой области представляют собой кривые выпуклые в сторону нижнего бьефа. Сжатое сечение такого потока располагается на линии равных глубин и криволинейно в плане. Поэтому и валец гидравлического прыжка, образованного за таким гасителей, располагается по кри­вой выпуклой в сторону нижнего бьефа (рис. 5).

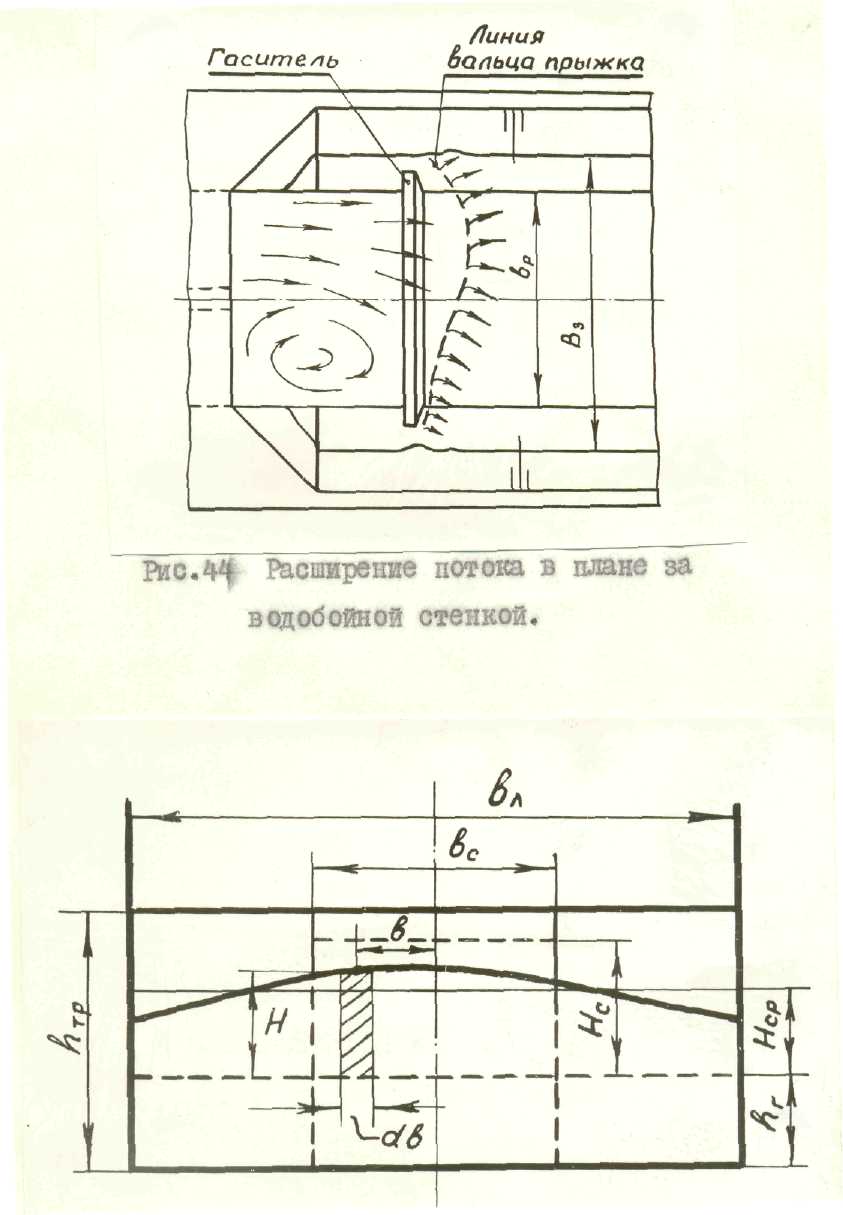


Рис. 5. Расширение потока в плане за водобойной стенкой

Для выбора типа конструктивных устройств, предохраняющих сооружение от разрушения из-за местных размывов, основных размеров их  
и места расположения на участке крепления нижнего бьефа необходимо  
правильный выбор расчетной схемы сопряжения бьефов.

Согласно расчетной схеме показанной на рис.6, можно написать следующее равенство:

*Z=hr+Hcp-hнб* (6)

где *Z* - разность уровней воды перед гасителем и в отводящем русле;

*hr* - высота гасителя.

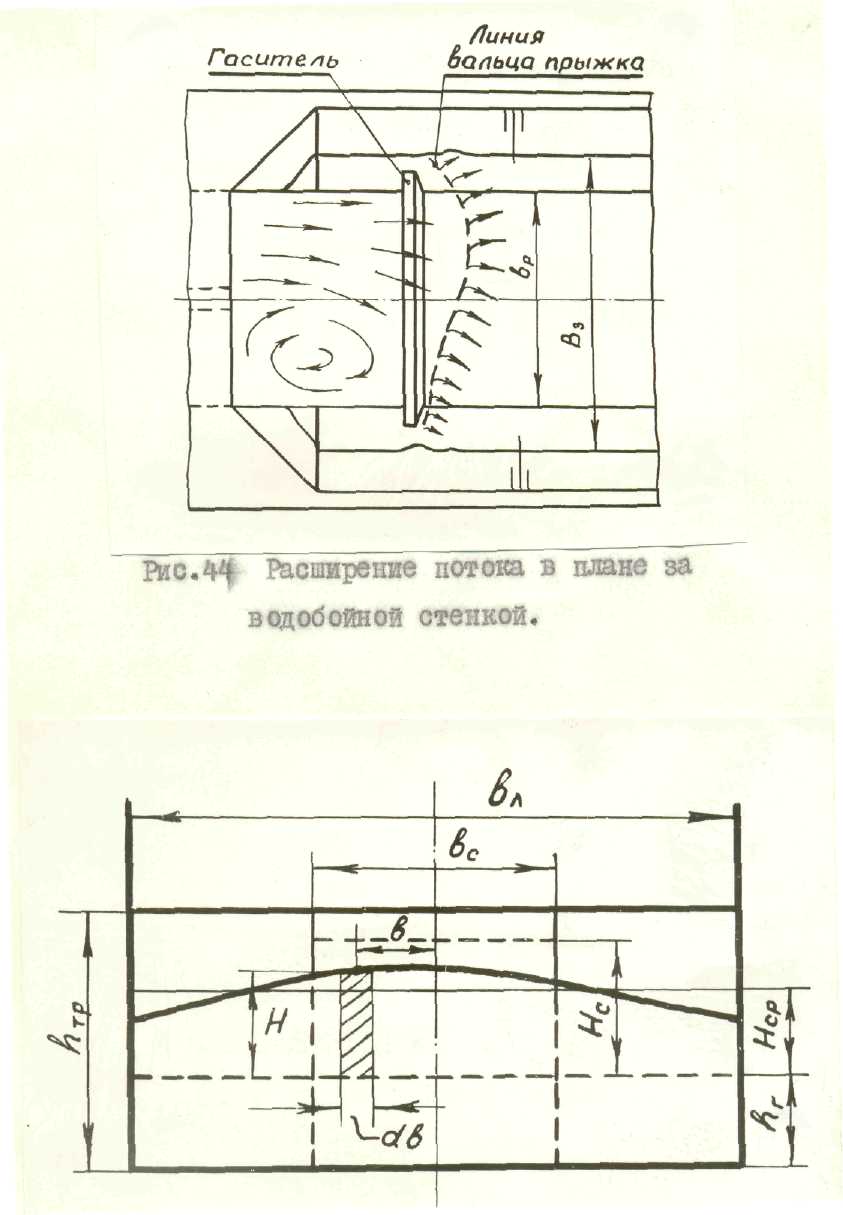


Рис. 6. Свободная поверхность потока перед водобойной стенкой при пространственном сопряжении бьефов

Перепишем равенство (6) в следующем виде

 (7)

где - критерий для оценки формы сопряжения за гасителем;

 - относительная глубина в нижнем бьефе.

Определим высоту гасителя

 (8)

Известно, что для того чтобы за водосливами (гасителем) имело  
место устойчивое донное сопряжение потоков, необходимо соблюдение  
следующего соотношения:

** (9)

Как показывают опыты, значения напоров над гасителем в нижнем бьефе меньше того напора *Нс* , который имел бы место при установ­лении гасителя на участке сужения.

*Нс* подсчитано по следующей формуле при среднем значении коэффициента расхода водослива для условий плоской задачи *тс=*0,42

 (10)

Заменив криволинейное сечение над гасителем равновеликим прямоугольным, можно написать

 (11)

Откуда после интегрирования и преобразований, будем иметь

 (12)

Для сравнения с результатами расчета по формуле (12) для указанных на рис. 7 значе­ний *η* были построены криволинейные сечения над гасителем по опы­тным данным, площадь которых определяли при помощи планиметра.

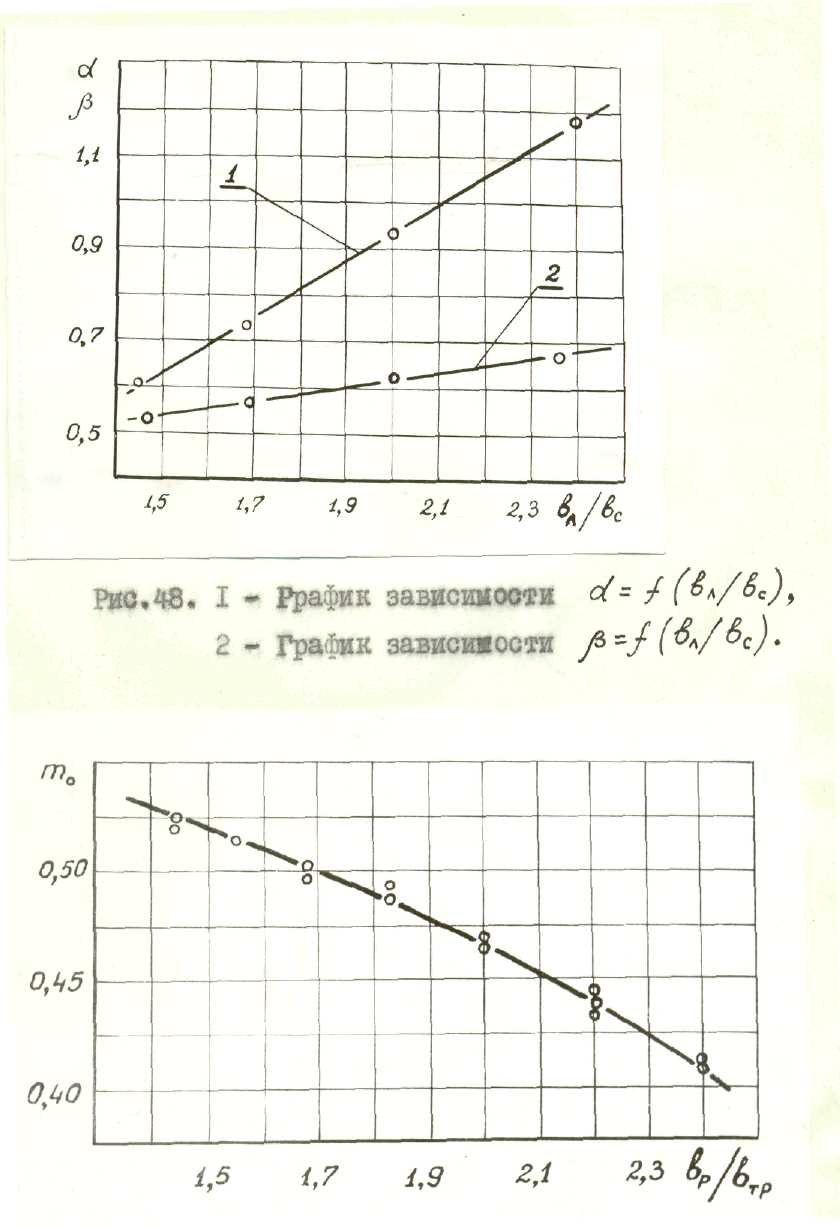


Рис. 7. График зависимости 

По величине площади сечении определяли *Нср*, как высоту равновеликих прямоугольников шириной равной ширине гасителя (русла). Как видно из графика на рис. 7, формула (12) обеспечивает точность в пределах погрешностей опытов.

Опыты показывают, что гасители рассчитанные по формуле (12) для начала граничного стеснения потока при *η=*2,0 могут обеспечивать бессбойное течение зa трех и четырехпролетными сооружениями и при других значениях *η*.

Подставление *η* =2,0 в формулу (12) позволяет получить зависимость для ориентировочного определения высоты водобойной стенки для пространственных условий сопряжения бьефов:

 (13)

Гасители исполненные в виде трех порогов, средний из которых выдвинут в сторону верхнего бьефа (рис. 8) позволяют предотвратить размыв при работе сооружения как средним так и крайними пролетами. При этом, работа сооружения крайним пролетом сопровождается образованием струи, выходящей из проема между крайним и центральным порогами и направленной к противоположному берегу, которая отклоняя соседние струи, дополнительно расширяет поток. Такой гаситель обеспечивает бессбойное течение в нижнем бьефе и при других режимах работы сооружения. В диссертации изложены результаты изучения конструкции подобного гасителя для четырехочкового сооружения.

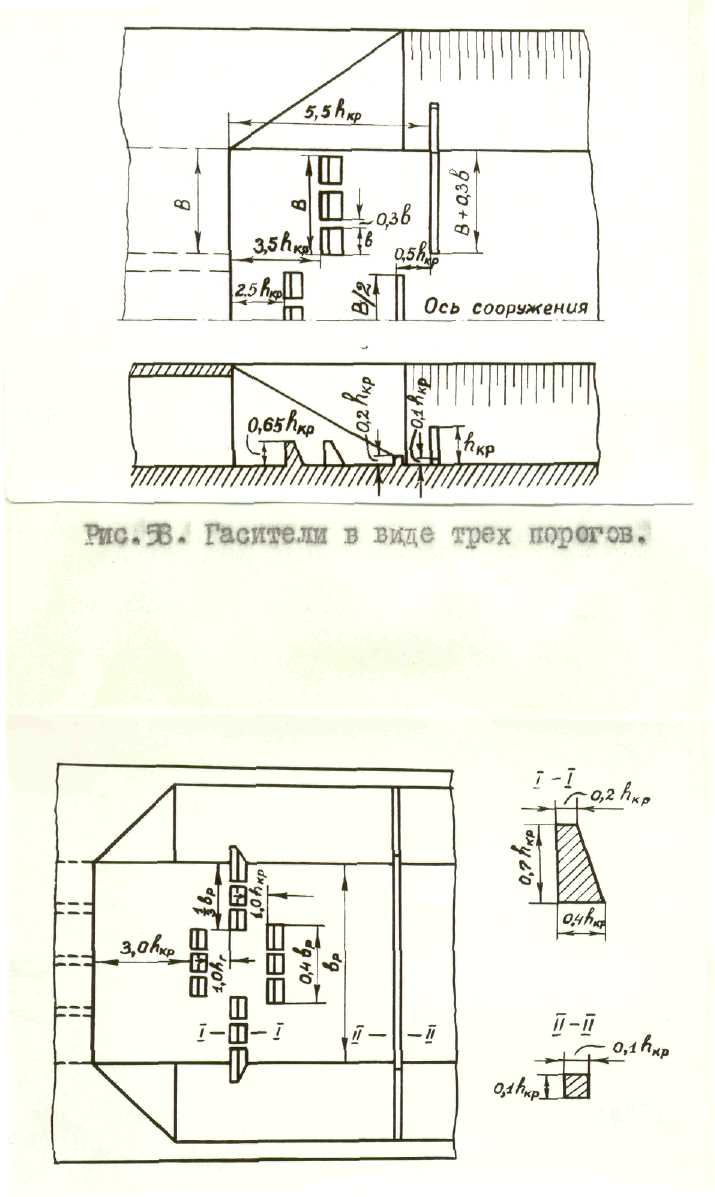


Рис. 8. Гасители в виде трех порогов

В пятой главе рассчитаны технико-экономические показатели по предотвращению размыва грунта и повышению способности сооружений по водорегулированию.

Технико-экономическая эффективность предлагаемых мероприятий по предотвращению размыва грунта на открытых водорегулирующих сооружениях достигается за счет снижения затрат на восстановления нижнего бьефа сооружения после размыва грунта и разрушения укрепляющих арматур русла канала.

Исходные данные по базовому и новому вариантам к расчету приведены в табл. 2. Годовая стоимость техобслуживания подсчитана по смете эксплуатационной организации, указанной в табл. 3.

### Таблица 2 − Показатели сравниваемых вариантов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Показатели | Ед.  изм. | Кол.  ед. | Обоснование показателей |
| Годовая наработка времениэксплуатации сооружения | час | 6600  6820 | С учетом простоев  Тг= 275днх24ч  Тг= 285днх24ч |
| Пропускная способность водорегулирующего сооружения | млн.мз/год | 142,35  157,68 | Из расчета круглосуточной работы сооружения  Wг.пр=ТгхПч |
| Балансовая стоимостьСооружения | Млн.тенге | 11,464 | (Бс) По альбому СМ-4-88 и по данным строительства |
| Норма амортизационных отчислений на ремонт | % | 19...21  16...17 | Из справочных нормативов |
| Стоимость э/энергии | тенге | 12,5 | По прейскуранту |

Таблица 3 − Смета на техническое обслуживание сооружения

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Обосно-вание | Наименование работ | Кол-во | Стоимость ед. | Сумма, тг |
| 107-14  11-3 ССЦ  38-4-46  102-55  99-38 | Обследование участка, ч/ч  Подсыпка воронок размыва, м3  Профилактический осмотр элементов сооружения, шт.  Оформление технической документации, шт.  Частичный ремонт  Подготовка и переезд бригады к месту работы, час  Стоимость эксплуатации автомашины  ВСЕГО: | 1,56  3,5  2  0,5 0,5  2  10,2 | 225,1  2700,0  368,7  324  673,6  169,2  115,2 | 351,15  9450,0  737,4  162  336,8  338,4  1175,0  12550,75 |

При восстановлении берегозащитных со­оружений предусматривается разработанные при исследовании мероприя­тия против общего и местного размывов донной части. Экономия этих затрат, приведенное на одно сооружение, составляет 2,25 млн.тенге.

ВЫВОДЫ

1. Для предупреждения местных размывов в нижнем бьефе многопролетных шлюзов-регуляторов с напором до 0,5м первоочередной задачей является расширение потока со сбойным течением в плане, при помощи гасителей обладающих большой распределительной способностью. Гасители, обеспечивающие бессбойное течение в нижнем бьефе при hнб= 1,3hкр предотвращают местные размывы.

2. Высоту водобойной стенки, при сопряжении бьефов участком со сбойным течением спокойного потока (беспрыжковом сопряжении) можно определить исходя из условия образования донного сопряжения за стенкой по формуле (8). Длину всего крепления нижнего бьефа с гасителем в виде сплошной водобойной стенки следует принимать по зависимости .

3. Установлено, что при степени сжатия потока сооружением  сечение потока перед гасителем очерчивается параболической кривой, а при >2,4 линией напоминающей кривую Гаусса. Для значений =1,45÷2,40 получена формула (12), по которой можно подсчитывать среднюю величину напора над гасителем. По среднему напору над гасителем можно определить коэффициент расхода гасителя в расчетных условиях.

4. За всеми гасителями целесообразно усиление шероховатости поверхности крепления нижнего бьефа при помощи ребер высотой . Для улучшения диссипации энергии потока пороги и стенки использовать прорезные с шириной прорези меньше 30% от ширины выступов.

5. Гасители энергии потока, обеспечивающие бессбойное течение в нижнем бьефе в условиях наибольшей активности сбойного течения (при =2,0 и *hнб* =1,3*hкр*) при пропуске максимального удельного расхода, позволяют предотвратить местные размывы и при других значениях глубины в отводящем русле и степени сжатия потока сооружением в плане.

6. За четырехпролетным сооружением наилучшее расширение потока имеет место при устройстве гасителя, показанного на рис. 8, в котором имеется дополнительный центральный порог.

7. Технико-экономическая эффективность от предотвращения размыва грунта за водорегулирующим сооружением достигается за счет экономии затрат на восстановления разрушенных креплений и размытой поверхности.

Список опубликованных работ по теме диссертации

1. **Калиев, С.М.** Некоторые особенности образования сбойных течений [Текст] / А.Д. Шинибаев, С.М. Калиев// Вестник КазНТУ. –Алматы, 2004. − №5. −с.95-101.

2. **Калиев, С.М.** Крепление нижнего бьефа [Текст] / М.М.Мырзахметов, А.Д. Шинибаев, С.М. Калиев // Научно-технический журнал «Водные ресурсы и водопользование». - Астана, 2004.− №6. −с.103-106.

3. Калиев, С.М. Сопряжение потоков сбойного течения в нижнем бьефе [Текст] / А.Д. Шинибаев, К.А. Искакова, С.М. Калиев // Матер. Международной научно-практической конференции «Архитектура и строительство в новом тысячилетии». − Алматы, 2008. −с.200-204.

4.Калиев, С.М. Пути повышения надежности работы водораспределительных сооружений [Текст] / А.Д.Шинибаев, С.М.Калиев // Известия КГТУ им.И.Раззакова,№21.-Бишкек:изд-во «Текник»,2010.-с.76-79.

5. Калиев, С.М. Работа многопролетного водораспределительного шлюза [Текст] / С.М. Калиев // Materialy VI Miedzynarodowej naukowj-praktycnej konferenecl «perspektywize opracowania sa nauka I technikami – 2010», Пшемысль (Польша), Nauka i studia, 2010. - с.131-135.

6. Калиев, С.М. Коп аралыкты реттеушелердин аргыжагында жургизилген зерттеуеледин накты жагдайдагы нетижелери [Текст] / С.М. Калиев // Materialy VI mezinarodni vedecko-praktika conference «zpravy vedecke ideje-2010».-Praha(Чехия), 2010.-с.57-65.

7. Калиев, С.М. Исследование влияния режимов работы многопролетных шлюзов-регуляторов на размеры воронки размыва [Текст] / С.М. Калиев // Спец. научно-прак. журнал «Энергетика и топливные ресурсы Казахстана», №6.- Алматы, 2011.- с.7-10.

8. Калиев, С.М. Исследование влияния различных параметров технологических процессов на качество очищенной воды [Текст] / С.М. Калиев // Известия КГТУ им. И.Раззакова, №21.-Бишкек: изд-во «Текник», 2010.-с.176-178.

9. Калиев, С.М. Защита сооружений от местных размывов [Текст] / С.М.Калиев // Вестник КГУСТА №4(34).-Бишкек: КГУСТА, 2011.-с.78-81.

10. Калиев, С.М. Особенности образования сбойного течения [Текст] / С.М.Калиев // Вестник КГУСТА №4(34).-Бишкек: КГУСТА, 2011.-с.81-84.

**кортунду**

**Калиев Сержан Муратович**

**Айыл чарба суу жабдуу системасындагы суу башкаруу курулуштарынын ишенимдүүлук иштерин көтөрүү**

Техника илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын алуу үчүн жазылган

05.23.04 – Суу менен камсыздоо, канализация жана суу ресурстарын коргоонүн курулуштук системалары

**Ачкыч создор:** гидрокурулуш, канал, төмөнкү деңгээл, суу башкаруу курулуш, суу түтүк, гидравлика, суюктуктун агымы, суу урунду, негизинин туруктуулугу, талкалоо агымы, рисберма, суу агызуу, пульповоддор.

**Изилдөө** **объекти** – айыл чарба суу жабдуу системасындагы сууну жөнгө салуу системалары.Айыл чарба суу жабдуу курулуштарында жөнгө салгычтардын денгээли. Курулуштун төмөнкү денгээлиндеги көп пролеттуу жөнгө салгычтар.

**Иштин максаты:** Айыл чарба суу жабдуу системасындагы ачык курулуштарды жөнгө салууда жогорку ишенимдүүлугүн изилдөө себептери, жергиликтүү суу жээктерин жууп кетүүсү, алардын эскертүү чараларын иштеп чыгүү жана агымдын мейкиндиктеги шарта энергиясын азайтуунун методикасын иштеп чыгуу.

**Изилдөөнүн максаты:** Суу жөнгө салуучу курулуштардын денгээлдеринин сүрүлүү түрүн теоретикалык изилдөө жана үзгүлтүкто агуунун себебин аныктоо негиздери, курулуштун ишенимдүү иштөөсүнө тийгизген таасири.

**Изилдөөнүн методикасы:** сууну жөнгө салуу дубалдарын эсептөө методикасы, кудуктардын, агымдын ашыкча кинетикалык энергиясын жөнгө салууга керек болгон суу жөнгө салуу курулуштарын жана долбоордодогу негизги технологиялык көрсөткүчтөрү.

**Колдонулган аймагы:** Илимий изилдөө иштеринин натыйжалары ЖЧК «Эко-Жобалау», андан башка К.И.Сатпаев атындагы КазУТУ окуу процессинде колдонулган.

Суу башкаруу курулуштарындагы жээктеги топуракты талкалоону болдурбай коюу технико-экономикалык эффективдилүүгү кайра курууга кеткен чыгымдарын үнөмдөө аркылуу алынат. Чыгымдардын экономиясы бир курулушка 2,25 млн. тенгени түзөт.

**Резюме**

диссертации **Калиева Сержана Муратовича «**Повышение надежности работы водорегулирующих сооружений системы сельхозводоснабжения»

на соискание ученой степени кандидата технических наук

специальность **05.23.04** – Водоснабжение, канализация и строительные системы охраны водных ресурсов

Ключевые слова: водоисточник, канал, нижний бьеф, водорегулирующее сооружение, водопровод, водовод, гидравлика, поток жидкости, размыв местный, водобой, устойчивость основания, сбойное течение, водозабор, водослив, пульповоды.

Объект исследования. Водорегулирующие сооружения системы сельхозводоснабжения, поверхностные водозаборы, бьефы за водорегулирующими сооружениями сельхозводоснабжения, многопролетные регуляторы в нижнем бьефе сооружений.

Цель работы: Повышение надежности работы на открытых водозаборно-регулирующих сооружениях системы сельхозводоснабжения путем изучения причин, вызывающих местный размыв грунта, и разработка мероприятии по предупреждению их и методики расчета гасителей энергии потока в пространственных условиях.

Цель исследования: Исследования водозаборных сооружений и видов сопряжения бьефов на водорегулирующих сооружениях и установление причин образования сбойного течения, влияющих на повышение надежности работы сооружений.

Методы исследования: методика расчета водозаборных сооружений водобойных стенок, колодцев, кинетической энергии потока за водорегулирующими сооружениями и анализа технологических параметров для проектирования гасителей турбулентного потока.

**Полученные результаты и научная новизна работы:**

- теоретические и экспериментальные результаты формы сопряжения бьефов на открытых источниках водоснабжения;

- особенности режима работы многопролетных регуляторов потока воды и их влияние на размеры воронки местного размыва;

- способы гашения избытка кинетической энергии потока за регулирующими сооружениями и основные параметры для проектирования водозаборных сооружений;

- результаты экспериментальных исследований для предотвращения местного размыва русло водозаборных сооружений и повышения надежности работы сооружений системы сельского водоснабжения.

**Область применения:** Результаты работы внедрены в ТОО «Эко-жобалау» (г. Алматы), а также в учебном процессе института архитектуры и строительства имени Т.К.Басенова, КазНТУ имени К.И.Сатпаева.

**Годовой экономический эффект** на одно сооружение, составляет 2,25 млн. тенге.

RESUME

Science work by Kaliyev Serzhan Muratovich "Improving the reliability of water regulating structures work system of agricultural water supply"  
search on of scientific degree in candidate of Technical Sciences  
Specialty 05.23.04 – Water supply, canalling and building system by protection of water recourses  
  
Keywords: water source, the channel, bottom tailrace, water regulating structure, water pipe, water conduit, hydraulics, liquid stream, local washout, water fight, stability of the basis, fight current, water intake, spillway , water drainage, slurry.  
Object of research. Water regulating structures in system of agricultural, surface water supply, surface water intakes, tailrace behind water regulating structures of agricultural water supply, multiplying regulators in bottom tailrace.  
The work purpose: Improving of reliability of work on open-water intake regulating governing structures of system of agricultural water supple by studying of the reasons causing local washout of ground, and working out the actions development prevention and methods of calculating of quenchers of stream energy in spatial conditions.  
 Research objective: Research of water intake structures and interface kinds conjugation pond water regulation structures and establishing of the reasons of formation failed course, influencing on increasing of reliability of work structures.  
Research methods: method of calculating structures of water intakes stilling walls, wells, the kinetic energy of a stream behind water regulation structures and the analysis of technological parameters for design of quenchers of a turbulent stream.  
The received results and the scientific novelty of the work:  
- Theoretical and experimental results form interface pond in the open water sources of water supply;  
- Features of an operating work of multiplying regulators of water stream and their influence on the size of funnel by local washout;   
- Ways of clearing of surplus of kinetic energy of a stream behind regulating structures and key parameters for the design of water intake structures;  
- Results of experimental researches for prevention of local washout a channel of water intakes constructions and increase of reliability of work structures of rural water supply.  
Scope: Results of work are introduced in Open Company "Eco-zhobalau" (Almaty), and also in study process in Institute for architecture and building named after T.K.Basenov, KazNTU name K.I. Satpayev.  
Annual economic benefit on one structure is 2.25 million tenges.

**Калиев Сержан Муратович**

**Повышение надежности работы водорегулирующих сооружений системы сельхозводоснабжения**

Автореферат диссертации

Тех.редактор ***Кочоров А.Д.***

Подписано к печати 30.03.2012 г. Формат бумаги 60х84 1/16.

Бумага офс. Печать офс. Объем 1,0 п.л. Тираж 100 экз.

г.Бишкек, ул. Сухомлинова, 20. ИЦ «Текник» КГТУ, т.: 54-29-43

E-mail: beknur@mail.ru