Юрченко, Александр Николаевич. Совершенствование конструкций гасящих устройств и оценка их влияния на кинематическую структуру потока за многопролетной водосбросной плотиной : диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.07.- Москва, 2000.- 222 с.: ил. РГБ ОД, 61 01-5/342-6

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА

На прш&х рукописи

C:\Users\Pavel\AppData\Local\Temp\Rar$DIa0.376\media\image1.png

Юрченко Александр Николаев

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ГАСЯЩИХ УСТРОЙСТВ И ОЦЕНКА ИХ ВЛИЯНИЯ НА КИНЕМАТИЧЕСКУЮ СТРУКТУРУ ПОТОКА ЗА МНОГОПРОЛЁТНОЙ ВОДОСБРОСНОЙ ПЛОТИНОЙ**

05.23.07 - гидротехническое и мелиоративное строительство

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель доктор технических наук, профессор Кавешников А.Т.

Москва 2000 г.

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

[**Введение . 5**](#bookmark3)

**Глава I. Основные особенности гидравлических условий работы крепления нижних бьефов водопропускных гидротехнических сооружений**

1. [**Назначение крепления нижних бьефов 9**](#bookmark4)
2. [**Гидравлические условия работы крепления при разных типах сопряжения бьефов 11**](#bookmark5)
3. [**Пространственное движение потока в нижнем бьефе многопролетных плотин и режим маневрирования затворами как мера борьбы со сбойными течениями 16**](#bookmark7)
4. [**Различные типы гасителей энергии в качестве конструктивных мероприятий по борьбе со сбойностью** 24](#bookmark8)
5. **Общие подходы к расчетному обоснованию гасящих устройств в нижнем бьефе водосбросов 37**
6. [**Выводы по главе .** 44](#bookmark16)

**Глава 2. Методика модельных гидравлических исследований для рассматриваемых в работе явлений**

1. [**Моделирование гидравлических условий работы нижних бьефов водопропускных гидротехнических сооружений 46**](#bookmark18)
2. [**Экспериментальная установка 50**](#bookmark20)
3. [**Модель водопропускного сооружения** .52](#bookmark21)
4. [**Измерительные приборы и регистрирующая аппаратура, используемые в работе 55**](#bookmark22)

60

**з**

1. **Оценка погрешности измерений**

**Глава 3. Сравнительное исследование кинематической структуры и гидравлических режимов потока за многопролетными водосбросными плотинами при различных конструкциях тела водослива с плитами крепления нижнего бьефа**

1. **Обоснование выбора исследуемых конструкций применительно к области сопряжения тела водосливного порога с креплением** 63
2. **Основные результаты анализа данных, полученных при изучении режимов гидравлических условий работы сравниваемых конструкций многопролетного водосброса** 69
3. **Сравнительный анализ кинематической структуры потока в нижнем бьефе водосброса при различных вариантах его конструкций**

86

121

**(К1 и К2)**

1. **Выводы по главе**

**Глава 4. Обсуждение результатов исследований особенностей кинематической структуры потока в нижнем бьефе многопролётного водосбросного сооружения с чередующимся через пролёт расположением носков-уступов на водосливной грани и одним рядом растекателей потока в пределах водобоя**

* 1. **Особенности проектирования гасителей энергии для водосбросных плотин с носками-уступами на водосливной грани и расположенными через один пролет** 124
  2. [**Сравнительная оценка влияния различных факторов на кинематику потока в нижнем бьефе водосброса с креплением исследуемого типа 128**](#bookmark32)
  3. **Влияние высоты носка-уступа на кинематику потока**

**в нижнем бьефе водосброса при установке на водобое одного ряда растекателей 144**

* 1. [**Выводы по главе 161**](#bookmark35)

**ГЛАВА 5. Сравнительная оценка кинематических характеристик потока на рисберме и за пределами крепления в нижнем бьефе многопролётной водосбросной плотины при установленных на водобое гасителях энергии**

1. **Выбор гасящих устройств для эффективного управления потоком**

**при донном режиме сопряжения бьефов 163**

1. **Результаты сопоставления кинематической структуры потока для различных конструкций и местоположения гасителей на водобое (КЗ и К4) 166**
2. **Влияние некоторых конструктивных особенностей крепления нижнего бьефа, а также расходов пропускаемых через сооружение и пространственности потока на величину его удельной энергии ... 192**
3. [**Выводы по главе . 201**](#bookmark30)

[**Заключение 203**](#bookmark38)

**207**

**Список литературы**

**ВВЕДЕНИЕ**

**Актуальность проблемы.** Пропуск паводковых, а чаще даже обычных эксплуатационных расходов до сих пор представляет существенные проблемы. В реальных условиях пропуска сбросных расходов имеет место пространственный характер движения потока в нижнем бьефе, что вызывает, в свою очередь, неравномерность распределения гидродинамических нагрузок на плиты крепления и, следовательно, ухудшение условий его работы. На сходе с водосливного порога и в пределах крепления поток имеет ещё достаточно большую избыточную кинетическую энергию, значительная часть которой тратится на переформирование дна русла и берегов за пределами крепления. Несмотря на многочисленные исследования различных типов гасящих устройств, а также оценки их влияния на структуру потока и на возможности управления сбойными течениями, на снижение их нежелательного воздействия на крепление и естественное русло, многие из отмеченных выше вопросов изучены пока недостаточно полно, полученные в этих исследованиях результаты зачастую противоречивы, а иногда носят взаимоисключающий характер. Отмеченное позволяет нам считать, что результаты, полученные в рамках настоящего исследования, дадут возможность ответить на ряд поставленных выше вопросов, что свидетельствует об актуальности рассматриваемой проблемы.

**Цель работы.** Цель нашей работы состоит в том, чтобы на основании полученных результатов экспериментальных гидравлических исследований разработать конструкцию крепления применительно к многопролётному водопропускному сооружению (водосбросной плотине) и предложить методику расчётного обоснования этой конструкции и прогноза основных характеристик движения потока в нижнем бьефе.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие **задачи:**

* изучить эволюцию и произвести анализ кинематических характеристик потока и гидравлических режимов течения, возникающих при различных схемах открытия отверстий водосбросного сооружения, применительно к исследуемым типам конструкций крепления и оценить влияние этих конструкций на динамику изменения как скоростей потока, так и удельных расходов по ширине и длине нижнего бьефа;
* осуществить сравнительную оценку эффективности исследуемых конструкций крепления и выявить необходимость применения дополнительных конструктивных мероприятий для борьбы со сбойностью потока, а также установить экспериментально рациональное местоположение гасящих устройств для некоторых из исследуемых конструкций;
* определить границы диапазона эффективной работы крепления для рассматриваемого типа конструкции и произвести оценку влияния предлагаемых конструкций крепления на динамику изменения скоростей при различных схемах маневрирования затворами;
* осуществить сравнительную оценку влияния параметров гасящих устройств (высоты уступа совместно с установленными в пределах водобоя растекателями) на кинематическую структуру потока на сходе его с крепления;
* провести сравнительный анализ воздействия гасителей, при донном режиме сопряжения бьефов на водобое, на плановое распределение скоростей и удельных расходов, а также оценить влияние рассмотренных конструкций на переформирование вертикальных и плановых скоростных эпюр в пределах участка крепления;
* установить тенденцию изменения удельной энергии потока и влияние на динамику её изменения исследуемых конструкций.

**Научная новизна.** На основании выполненных экспериментальных исследований и анализа полученных результатов в настоящей работе:

* изучен процесс трансформации кинематической структуры потока при работе многопролётного водосбросного сооружения с различными схемами открытия отверстий (применительно к новому, чередующемуся через пролёт, положению носка уступа на водосливе) и выполнен анализ гидравлических режимов работы исследуемых конструкций;
* предложены новые графические зависимости, позволяющие определить значения максимальных придонных и поверхностных скоростей, а также величины удельных расходов как в конце водобоя, так и на сходе потока с крепления рассмотренных конструкций;
* исследована кинематическая структура потока и гидравлические режимы работы нижнего бьефа многопролетной плотины, получены новые графические зависимости для прогноза характеристик течения применительно к рассмотренной конструкции крепления с растекателями на водобое;
* произведена сравнительная оценка влияния высоты носка-уступа, устроенного на низовой грани водосливного порога, на кинематические характеристики потока на сходе с крепления;
* осуществлены сравнительные исследования эффективности работы гасителей энергии различных типов при донном режиме сопряжения, а также изучено их влияние на кинематическую структуру потока в нижнем бьефе;

получены новые зависимости позволяющие прогнозировать изменение удельной энергии потока для исследованных в работе конструкций крепления нижнего бьефа многопролётного водосбросного сооружения.

**Практическая ценность.** В работе исследована новая конструкция крепления, с носком-уступом на низовой грани водосливного порога, расположенным через пролёт (в дальнейшем именуемая К1), а также воздействие последней на гидравлическую структуру и характеристики потока в нижнем бьефе сооружения. Предложенная конструкция позволит повысить надёжность работы сооружений подобного типа в процессе их эксплуатации, улучшить условия сопряжения бьефов и, как следствие, уменьшить размывы и снизить ущерб при их возникновении. Получены графические зависимости для исследуемых конструкций крепления, которые могут быть использованы при проектировании и эксплуатации аналогичных устройств, применительно к многопролётным водосбросным сооружениям.

Апробация полученных результатов. Результаты и основные

положения настоящей диссертационной работы регулярно докладывались на \*

научных конференциях профессорско-преподавательского состава МГУП в период с 1993 по 2000 годы. Основные выводы опубликованы в материалах этих конференций.

Структура и объём работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов и списка литературы из 158 наименований, в том числе 10 иностранных источников. Материалы работы изложены на 111 страницах машинописного текста и имеют 2 таблицы и 144 рисунка, а также 10 фотоснимков.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Анализ и обобщение как данных других исследователей, опубликованных в научно-технической литературе, так и результатов наших экспериментальных исследований, выполненных в рамках настоящей диссертационной работы, позволяет сформулировать нижеследующие выводы:

1. Исследования кинематической структуры и режимов потока при использовании различных схем пропуска расходов через многопролетное водосбросное сооружение показало, что:

* при увеличении коэффициента использования водосливного фронта и величины сбросного расхода, условия распределения как скоростей по глубине и по ширине потока, так и удельных расходов, при осуществлении симметричных сбросов, улучшаются;
* при сравнении качественных характеристик работы обоих исследуемых конструкций крепления с чередующимся, через пролёт, расположением носка-уступа (тип К1) и с расположенным в каждом пролёте уступом (тип К2) установлено, что сосредоточение пропуска сбросных расходов через смежные пролёты, для обоих конструкций, приводит к значительному увеличению скоростей транзитного потока на участке крепления, а при рассредоточенных схемах сброса - к улучшению общей картины течения и структуры потока на послепрыжковом участке при пропуске тех же по величине расходов;
* при схеме эксплуатации с полным открытием одного или обоих крайних к береговому устою отверстий, наблюдается резкое увеличение скоростей вдоль береговых течений и формирование большого водоворота, сжимающего транзитный поток. Поэтому, при применении подобной схемы необходимо ограничить максимальное открытие крайних отверстий величиной 0,5Н;

- при пропуске максимального расхода всем водосбросным фронтом (Р~>1) имеют место наиболее благоприятные условия распределения скоростей и удельных расходов по ширине нижнего бьефа, как на водобое, так и в пределах рисбермы, равно как и при пропуске расхода через пять центральных отверстий водосброса. При схеме пропуска сбросного расхода через три и меньшее число отверстий необходимо предусматривать дополнительные конструктивные мероприятия, предотвращающие возникновение сбойности потока.

1. В ходе сравнительных исследований конструкций по типу К1 и К2 (рис.2) было установлено, что конструкции подобного типа способствуют уменьшению скоростей и перераспределению удельных расходов в пределах крепления. Так в пределах рассматриваемого диапазона расходов было отмечено снижение величин максимальных придонных скоростей при устройстве водосливной грани по типу К1 на 7-76%, а К2 на 5-83%.
2. Анализ гидравлических режимов, существующих в нижнем бьефе исследуемых конструкций (рис.2) показал существование во всём диапазоне пропускаемых расходов либо донного, либо поверхностно-донного режима, но при использовании конструкции типа К1 в большинстве случаев происходит трансформация вертикальных эпюр в эпюры поверхностного типа, а при варианте К2 - лишь некоторое незначительное уменьшение величин придонных скоростей.
3. Выполненный анализ экспериментальных данных позволил установить, что вариант конструкции водосброса К1 (с носками-уступами расположенными через пролёт, то есть в пролетах № 2, 4, 6) имеет гидравлические характеристики более предпочтительные, чем при варианте К2 практически во всём диапазоне пропускаемых расходов. Скорости при использовании варианта конструкции К1 в некоторых случаях были на 48% меньше чем для аналогичных условий у К2, что позволяет отдать предпочтение варианту конструкции К1 и сделать вывод о лучшем влиянии его на структуру потока.
4. В ходе опытов было установлено, что максимальная величина отлёта струи от края носка-уступа, имеющего относительную высоту c/h4>.a=0,67, наблюдалась при максимальном расходе по оси центрального пролёта и, для достаточно эффективной работы растекателя, следует размещать его на расстоянии lOTJI=3,3hKp от начала горизонтального участка водобоя напротив пролёта с носком-уступом на водосливе.
5. Анализ эпюр распределения скоростей и удельных расходов, а также

плановых картин течения потока позволил установить, что

\*

распределительное воздействие рассматриваемых растекателей (рис.9) наблюдалось при KQ>0,4 и (3>0,6, но как реактивное, так и распределительное воздействие растекателей на поток мало эффективны при работе сооружения одним отверстием ((3=0,117).

1. Сравнительная оценка эпюр распределения придонных скоростей для варианта с одним "зигзагообразным" рядом растекателей (рис.9 Б) и без него показала, что устройство последних позволило уменьшить величины придонных скоростей: на *9%* при пропуске расхода через три отверстия, на 19% - через пять и на 7% при работе сооружения всем водосливным фронтом.
2. Анализ влияния высоты уступа позволил отметить позитивное влияние последнего на кинематическую структуру потока на послепрыжковом участке при пропуске расходов более чем через три отверстия ((3=0,35). Кинематические характеристики потока при пропуске расходов KQ>0,3 были лучше при применении конструкции с высотой уступа с/Ь1ф=1,0.
3. Размещение в пределах водобоя гасителей энергии, при донном режиме сопряжения бьефов, позволило обеспечить симметричное по ширине растекание потока практически во всём диапазоне пропускаемых расходов.

Также было отмечено интенсивное убывание величин максимальных придонных скоростей по длине нижнего бьефа при использовании варианта крепления КЗ (рис.14А), а переформирование вертикальных эпюр скоростей носит в большинстве случаев позитивный характер, связанный с уменьшением величин придонных скоростей.

1. Анализ экспериментальных данных показал уменьшение удельной энергии потока по длине нижнего бьефа, а также было отмечено, что при значительной пространственности 0=0,11-0,3) его энергия меньше при использовании конструкции водобоя по варианту К4 (рис.14Б), что объясняется хорошим диссипирующим эффектом прорезной стенки.
2. Сравнительно неплохие кинематические характеристики были отмечены у вариантов: конструкции с чередующимся положением носков- уступов через пролёт (тип К1) с одним "зигзагообразным" рядом растекателей на водобое (рис.9Б), и у конструкции с одним рядом растекателей и прорезной стенкой в пределах водобоя (тип КЗ) (рис.НА), которые и рекомендуются нами для дальнейшего практического использования. Также считаем целесообразным сформулировать возможные направления дальнейших исследований:

исследование кинематической структуры потока и его гидродинамического воздействия на крепление для различных типов гасящих устройств при пространственных условиях работы сооружения;

* исследования коэффициентов лобового сопротивления и скоростей набегания потока на гасители различных типов, применительно к пространственным условиям эксплуатации, а также совершенствование методов расчета крепления;
* исследования переформирования русла за пределами крепления при использовании различных типов гасящих устройств и разных схем эксплуатации сооружения.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Абелев А.С. Экспериментальные исследования сопряжения бьефов в пространственных условиях при наличии водобойных стенок и шашек. - Известия ВНИИГ, Л., 1947, т.34, с.99 - 105.
2. Абрамов М.З. Определение сопряженных глубин при гидравлическом прыжке в пространственных условиях. - Известия ВНИИГ, Л., 1940, т.29, с.43 -61.
3. Айвазян В.Г. Крепление нижнего бьефа за водосливными плотинами на размываемых основаниях. - Гидротехническое стрбительство, 1950, № 8, с.28 - 31.
4. Антонников А.Ф. К вопросу расчета и назначения длины крепления нижнего бьефа гидротехнических сооружений. Гидротехническое строительство, 1960, № 2, с.38 - 40.
5. Антонников А.Ф. Местное увеличение удельных расходов в нижнем бьефе гидроузлов и меры борьбы с ним. Гидротехническое строительство, 1958, № 2, с.31-36.
6. Антонников А.Ф. Местное увеличение удельных расходов воды в нижнем бьефе гидроузлов и меры борьбы с ним. - М.: дисс. на соискание уч. степени канд. тех. наук, 1958, 166 с.
7. Антонников А.Ф. Сбойные течения в нижних бьефах гидроузлов и меры борьбы с ними. - В сб.: Гидравлика сооружений и динамика речных русел. М., АН СССР, 1959, с.133 - 157.
8. Баронин В.В. Исследование рассеяния энергии и местных размывов русла в нижнем бьефе гидросооружений, снабженных гасителями энергии в виде шашек и водобойных стенок. - Л., дисс. на соискание уч. степени канд. тех. наук, 1958, т. 1, 220 с., т.2, 161с.
9. Баронин В.В. Методика определения эффективности гасящих устройств при проведении модельных исследований. В кн.: Русловые процессы и гидравлика сооружений, Калинин, 1980, с.40 - 48.
10. Бегам Л.Г., Муромов B.C., Копац Л.Н. Гидравлика. Гидрология. Гидрометрия. - М., Транспорт, 1976, 199 с.
11. Беляшевский Н.Н. К вопросу проектирования бетонного крепления за водосливными плотинами. - Г идротехническое строительство, 1957, № 5, с. 41 - 45.