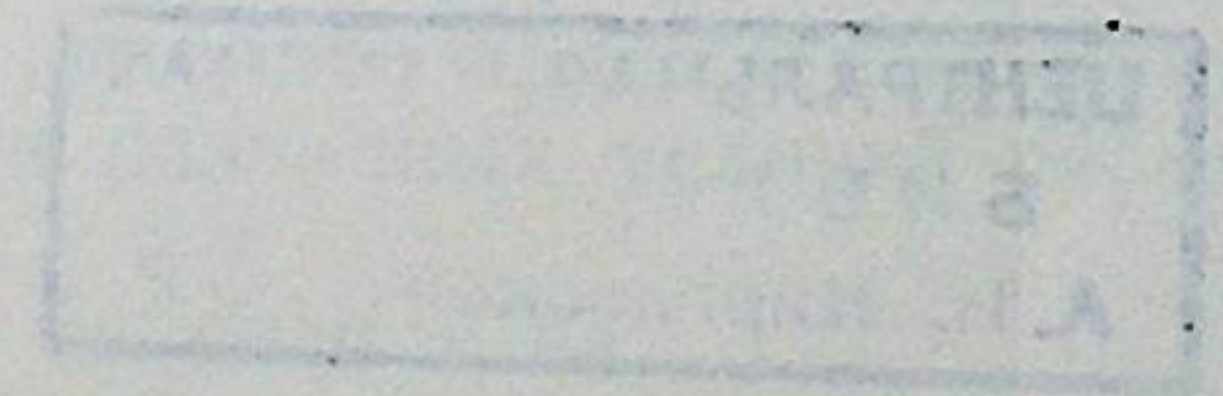


Аспирант
ПАВЛОВА Е. И.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ
ГАШЕНИЯ ЭНЕРГИИ В ТРУБЧАТЫХ
ВОДОСПУСКАХ

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
член-корреспондент АН УзССР,
доктор технических наук,
профессор *М.С. ВЫЗГО*



102343
ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ
БИБЛИОТЕКА
А. Н. Киргизской ССР

P 05958.

Заказ 725.

Тираж 120.

Типография Объединенного издательства „Кзыл Узбекистан“, „Правда Востока“
и „Узбекистони Сурх“, Ташкент, ул. „Правды Востока“, д. № 34.

При проектировании высоконапорных трубчатых водоспусков, расположенных в основании земляной плотины, одним из наиболее трудных вопросов является вопрос гашения избыточной энергии потока, вытекающего из-под щита при его частичном открытии.

Отсутствие в специальной литературе рекомендаций по применению того или иного способа гашения избыточной энергии потока в заданных условиях работы сооружения заставляет проектировщиков каждый раз намечать наиболее пригодные, по их мнению, мероприятия по гашению избыточной энергии и в дальнейшем исследовать их на моделях, при этом результаты исследований могут в значительной степени изменять проектные предположения.

В связи с тем, что перспективным планом развития народного хозяйства СССР на 1956—1960 гг., утвержденным XX съездом КПСС, предусматривается строительство ряда водохранилищных гидроузлов, включающих в себя, как обязательный элемент, трубчатые водоспуски, решение вопроса о рациональных методах гашения избыточной энергии в сооружениях данного типа является одним из актуальных вопросов гидротехники.

Постановление ЦК КПСС и Совета Министров Союза ССР об устранении излишеств в проектировании и строительстве обязывает инженеров и ученых, работающих в области водного хозяйства, создавать наиболее рациональные конструкции гидротехнических сооружений, применение которых позволило бы значительно уменьшить стоимость сооружения.

В настоящей работе, на основе анализа литературных источников и научно технических отчетов о лабораторных и натурных гидравлических исследованиях трубчатых водоспусков, сделана попытка наметить наиболее приемлемые способы гашения избыточной энергии для различных условий работы трубчатых водоспусков.

Работа состоит из пяти глав.

В первой главе дается классификация трубчатых водоспусков и существующих способов гашения избыточной энергии в них.

Во второй главе дается описание состава и условий работы исследуемых нами сооружений и приводятся теоретические основы расчета предлагаемой конструкции гасителя.

В третьей главе дается описание проведенных нами лабораторных гидравлических исследований предлагаемой конструкции гасителя в условиях работы конкретных сооружений, запроектированных Средазгипроводхлопком, и приводятся результаты этих исследований.

В четвертой главе дается методика гидравлического расчета рекомендуемой конструкции гасителя.

В пятой главе даются выводы и предложения.

Гашение избыточной энергии в трубчатых водоспусках осуществляется посредством гасителей, располагаемых или за водоприемной башней перед отводящей трубой, или в нижнем бьефе сооружения перед отводящим каналом.

Современная гидротехническая практика насчитывает большое количество самых разнообразных типов гасителей, применяемых в трубчатых водоспусках, которые нами разделены на три основные группы:

1. Водобойные колодцы.
2. Специальные гасители.
3. Гасители со встречным движением струй.

До настоящего времени наиболее распространенным типом гасителя в трубчатых водоспусках как в нижнем бьефе сооружения, так и перед отводящей трубой являлся водобойный колодец, гашение энергии в котором осуществляется в гидравлическом прыжке. Однако, условия размещения прыжка в колодце требуют придания последнему больших размеров, что приводит к увеличению объема строительных работ, а следовательно и стоимости сооружения.

При расположении водобойного колодца в нижнем бьефе сооружения удовлетворительная его работа без устройства специальных мероприятий, улучшающих его действие, достигается только при наличии прямолинейного в плане отводящего русла, с шириной по дну, равной или мало отличной от ширины трубы водоспуска.

При несоблюдении данных условий необходимо или делать колодец расширяющимся в плане со струенаправляющими стенками, или устраивать специальные гасители, обеспечивающие одновременно и гашение энергии, и растекание потока в плане, и перераспределение скоростей в поперечных сечениях отводящего русла.

Конструкции гасителей, удовлетворяющие данным требованиям, приводятся в диссертации.

Опыт лабораторного проектирования трубчатых водоспусков показал, что удовлетворительное решение вопроса гашения энергии только в водобойном колодце глубиной 1,5—2 м, расположенном перед отводящей трубой, может быть получено лишь для сооружений с напором над дном щитовой камеры порядка 10—12 м.

При больших напорах размеры колодца значительно увеличиваются, и подобное решение вопроса может стать экономически невыгодным.

В целях уменьшения размеров водобойного колодца отдельные элементы трубчатых водоспусков должны проектироваться такой конструкции, которая бы или обеспечивала частичное гашение энергии потока до вступления его в водобойный колодец, или усиливала процесс гашения энергии в самом колодце.

Лабораторные гидравлические исследования ряда трубчатых водоспусков и башенных водосбросов, проведенные в Гидротехнической лаборатории САНИИРИ инженерами А. С. Тархановым, Л. А. Машковичем, С. И. Кеберле, показали, что в сооружениях с башней, расположенной в водохранилище, можно до вступления потока в колодец погасить около 60% его избыточной энергии за счет соударения струй, поступающих через водоприемные отверстия внутри башни навстречу друг другу.

При таких условиях водобойный колодец глубиной 1,5—2,0 м может удовлетворительно работать в сооружениях с напором 20—25 м без специальных мероприятий, улучшающих его энергогасящие свойства.

В водоспусках с закрытыми башнями, т. е. при наличии только донных отверстий, размеры водобойного колодца, в частности, его длина, получаются особенно большие.

В этом случае уменьшение размеров колодца должно осуществляться за счет усиления процесса гашения энергии в самом колодце путем устройства в нем дополнительных сопротивлений вида шашек, пирсов и различной шероховатости.

Однако исследования, проведенные инж. Л. А. Машковичем, показали, что для сооружения с напором более 20 м такие мероприятия малоэффективны, в силу чего гашение энергии потока в сооружениях с наличием только донных отверстий целесообразно осуществлять специальными гасителями.

Выбор типа гасителя в этом случае обуславливается главным образом действующим напором и до некоторой степени—расходом

При напорах над дном щитовой камеры более 30 м и расходах менее 30 м³/сек. целесообразно применять диафрагмовый гаситель инж. Н. Г. Бородинского, так как конструкция его допускает в этих условиях использование для регулирования расхода плоские или сегментные затворы.

При напорах менее 30 м и любых расходах, гашение энергии может осуществляться введением в зону прыжка специальных гасителей, развивающих при взаимодействии с потоком реактивные силы, обеспечивающие затопление прыжка глубинами, много меньшими, чем сопряженная глубина с глубиной в сжатом сечении при свободном прыжке.

Примером такого гасителя может служить спиральный гаситель инж. Л. А. Машковича, модельные исследования которого, проведенные его автором для сооружения с напором 17,19 м и

расходом до 30 м³/сек. и нами для сооружения с напором до 29,1 м и расходом до 55 м³/сек., дали положительные результаты.

Используя способность встречных струй гасить при соударении значительную часть избыточной энергии, нами для трубчатых водоспусков разработана новая конструкция гасителя, названная гасителем со встречным движением струй. (См. фиг. 1)

Гаситель представляет собой две продольные галереи переменного сечения, являющиеся продолжением щитовых камер. Изменение поперечных сечений продольной галереи осуществляется за счет устройства пола с обратным уклоном. В зависимости от соотношения ширины отводящей трубы и расстояния между осями щитовых отверстий галереи или расходятся под углом, или идут параллельно друг другу.

Вода, поступающая через щитовые отверстия в галереи гасителя, выходит из них в сборную камеру через выпуски, расположенные в продольных стенках галереи в виде ряда противоположно направленных струй, и далее из сборной камеры в отводящую трубу.

В целях упрощения конструкции гасителя, выпуски приняты прямоугольного сечения с постоянной шириной и высотой.

Для улучшения работы гасителя при частичном открытии затворов в галереях предусмотрена донная шероховатость в виде планок прямоугольного сечения, расположенных под некоторым углом к направлению движения потока.

Вход в отводящую трубу осуществляется с порогом. Величина порога должна обеспечивать при малых расходах затопление в сборной камере струй, поступающих через выпуски, расположенные в конце продольных галерей.

Размеры гасителя, а именно: длина продольных галерей, количество выпусков и их величина, обуславливаются двумя факторами:

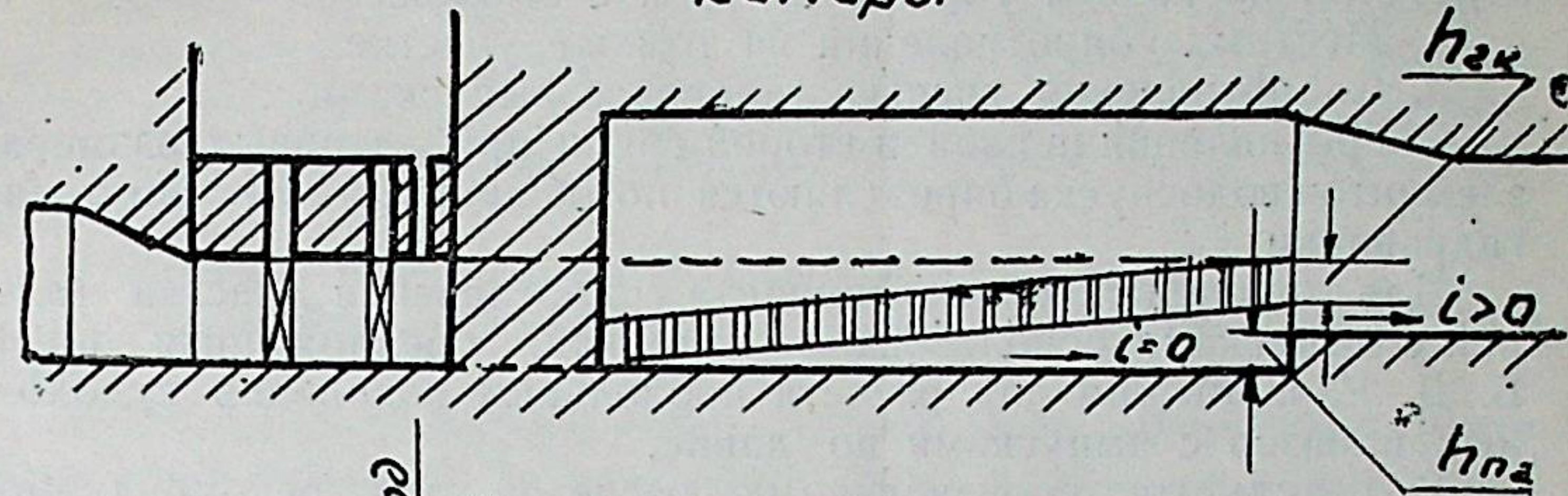
1. Пропуском максимального расхода при минимальном горизонте воды в водохранилище.

2. Обеспечением его энергогасящих свойств для всех пропускаемых через сооружение расходов при нормальном подпорном горизонте воды в водохранилище.

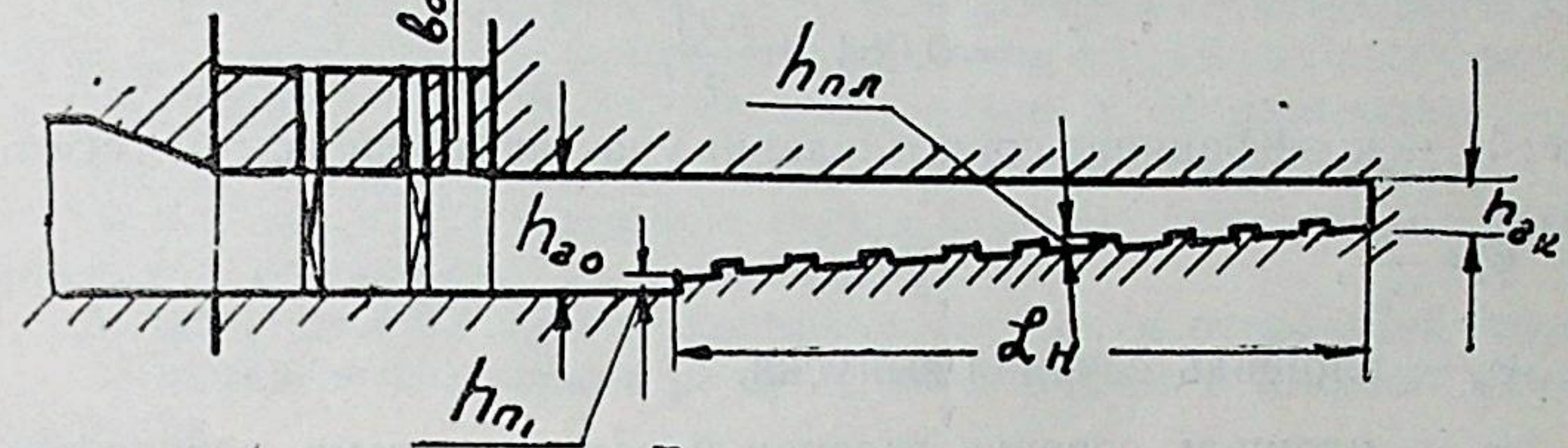
1. При пропуске максимального расхода при минимальном горизонте воды в водохранилище затворы полностью открыты. В этом случае в продольных галереях гасителя установится напорный режим и гидравлическая схема сооружения будет аналогична гидравлической схеме напорного водовода с непрерывной раздачей расхода по пути в его концевой части, т. е. на участке гасителя. Пропускная способность такого сооружения может быть определена по формуле напорного движения.

Коэффициент расхода рассматриваемой системы обуславливается гидравлическими сопротивлениями, возникающими при движении потока от входа в водоприемные отверстия до конца продольных галерей.

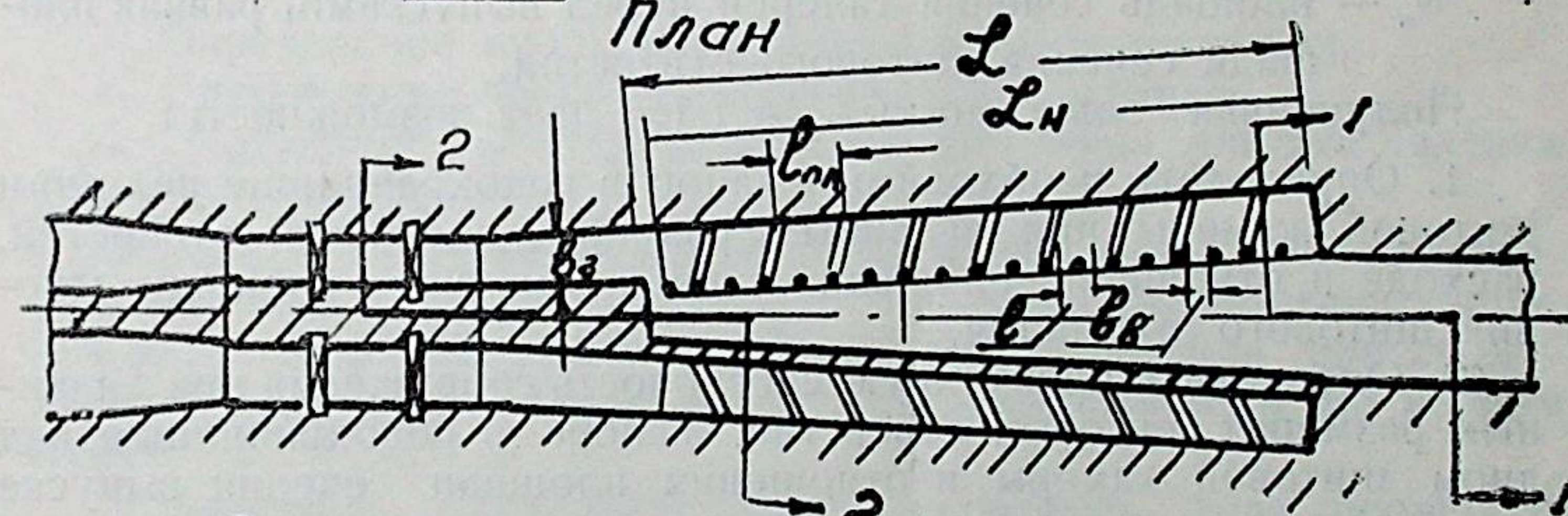
Разрез по оси сборной камеры



Разрез по галерее

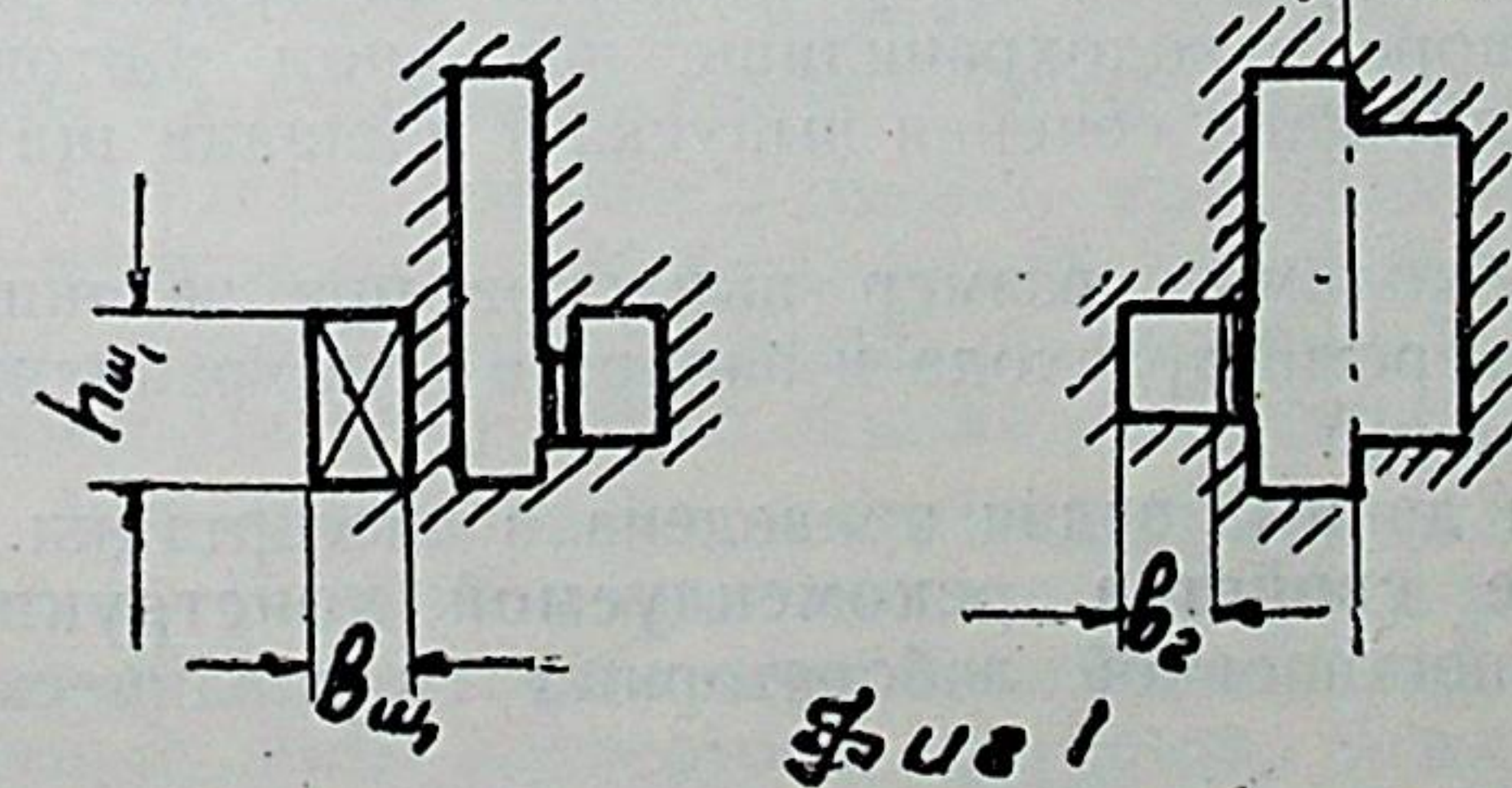


План



Разрез 2-2

Разрез 1-1



Фиг. 1

Эти сопротивления будут складываться из:

1. Сопротивлений трения на участке от входа в водоприемные отверстия до начала участка галереи с выпусками.
2. Местных сопротивлений на том же участке.
3. Сопротивления участка галереи с выпусками.

Сопротивления первой и второй групп при заданных размерах элементов водоспуска определяются по общеизвестным формулам гидравлики.

Для определения коэффициента сопротивления участка галереи с выпусками использована методика, предложенная проф. Б. Д. Качановским для расчета продольных водоводов судовых шлюзов с выпусками по длине.

В результате произведенных расчетов для рекомендуемой конструкции гасителя получена зависимость искомого коэффициента сопротивления от отношения площади сечения выпуска к площади сечения галереи перед выпусками вида:

$$\zeta_m = 0,084 + \frac{0,23}{\varphi},$$

где: ζ_m — коэффициент сопротивления участка галереи с выпусками

$$\varphi = \frac{\omega_v}{\omega_0},$$

ω_v — площадь сечения выпуска,

ω_0 — площадь сечения галереи перед выпусками, равная площади сечения щитового отверстия.

Полученная зависимость $\zeta_m = f(\varphi)$ дает возможность:

1. Определить необходимый напор в водохранилище над дном щитовой камеры при заданных размерах щитовых отверстий, расходе и отношении площади сечения выпуска к площади сечения щитового отверстия.
2. Определить пропускную способность сооружения при заданных размерах щитовых отверстий, напоре в водохранилище над дном щитовой камеры и отношении площади сечения выпуска к площади сечения щитового отверстия.
3. Определить необходимый размер щитовых отверстий при заданном расходе, напоре в водохранилище над дном щитовой камеры и отношении площади сечения выпуска к площади щитового отверстия.
4. Определить необходимый размер выпусков при заданных размерах щитовых отверстий, расходе и напоре в водохранилище над дном щитовой камеры.

Методика решения данных задач приведена в диссертации.

II. Энергогасящие свойства рекомендуемой конструкции гасителя проверены постановкой лабораторных гидравлических исследований.

Исследования проводились в 1953—1954 гг. в Гидротехнической лаборатории САНИИРИ для условий работы водоспуска

с максимальным напором 29,1 м и расходом 55 м³/сек, и водовыпуска с максимальным напором 32,19 м и расходом 80 м³/сек.

Задачей исследования являлось: проверить справедливость предположений о гидравлическом режиме в сооружении при наличии в нем гасителя со встречным движением струй и уточнить его формы и размеры, которые не могли быть определены теоретическим расчетом.

В результате исследований получено:

1. Уточненная конструкция гасителя со встречным движением струй.
2. Данные, подтверждающие возможность применения методики теоретического расчета продольных водоводов судовых шлюзов с выпусками по длине к рекомендуемой конструкции гасителя.

Основными вопросами исследований являлись:

1. Выбор наилучшей конструкции гасителя со встречным движением струй как с точки зрения энергогасящих свойств, так и с точки зрения гидравлического режима в сооружении.
2. Определение гидравлического режима в сооружении:
 - а) установление характера распределения давлений за затворами и в продольных галереях гасителя,
 - б) исследование форм движения потока в отводящей трубе,
 - в) определение характера протекания потока в сборной камере гасителя.
3. Определение пропускной способности сооружения.
4. Определение энергогасящих свойств гасителя.
5. Определение коэффициента сопротивления участка галереи гасителя с выпусками.

Для решения данных вопросов были построены модели исследуемых водоспусков, рассчитанных в полном соответствии с проектами по правилам гравитационного моделирования при геометрическом линейном масштабе первого сооружения 1:25 н. в., а второго 1:31,25 н. в.

Возможность применения таких масштабов была проверена сопоставлением чисел Рейнольдса для условия протекания в отводящей трубе минимальных модельных расходов и чисел Рейнольдса, отвечающих началу области квадратичного сопротивления.

Исследования проводились при расходах, изменяющихся от форсированного до минимального, и напорах, отвечающих случаю наполнения водохранилища от отметки нормального подпертого горизонта до отметки мертвого горизонта.

Все испытания были сгруппированы в две серии опытов, первая из которых заключалась в пропуске указанных выше расходов при постоянном горизонте воды в водохранилище на отметке нормального подпертого горизонта, а вторая — в пропуске тех же расходов, но при различных горизонтах, соответствующих графику изменения уровня воды в водохранилище.

1. В процессе проведения опытов были исследованы различные конструкции продольных галерей гасителя:

А. Галереи с безнапорным режимом потока.

Б. Галереи с напорным режимом потока:

а) постоянного поперечного сечения и донной шероховатостью в виде планок прямоугольного сечения,

б) постоянного поперечного сечения и поперечными стенками различной высоты,

в) переменного поперечного сечения с наклонным потолком и донной шероховатостью в виде планок прямоугольного сечения,

г) переменного поперечного сечения с наклонным полом и донной шероховатостью в виде планок прямоугольного сечения.

Исследования показали, что наилучший гидравлический режим в сооружении обеспечивается гасителем с наклонным полом и числом выпусков в каждой галерее, равным 20, в силу чего данная конструкция и рекомендуется нами к осуществлению в натуре.

2а. Наибольшее опасение в разработанной конструкции гасителя вызывала возможность возникновения вакуума непосредственно за щитом и в галереях за планками шероховатости.

Действительно, при отсутствии подачи воздуха в галереи со стороны щитовой камеры по дну щитовой камеры на участке от затвора до галереи гасителя и в начальной части галереи, за первой планкой шероховатости, возникало пониженное давление, величина которого, пересчитанная с модели на натуру, доходила до 9 м.

При свободном доступе воздуха в галереи гасителя со стороны щитовой камеры вакуумных явлений как в щитовой камере за затворами, так и в галереях гасителя почти не наблюдалось.

2б. Рекомендуемая конструкция гасителя обеспечивает в сборной камере и отводящей трубе для всех расходов режим потока, не зависящий от горизонта воды в водохранилище.

Кривые свободной поверхности потока в сборной камере и отводящей трубе, построенные по данным измерений глубин на модели и пересчета на натуру для одного и того же расхода, но различных напоров, при наложении на одном профиле почти совпадают. Построение подобных кривых производилось на обеих моделях для различных расходов, от форсированного до минимального, и напоров, изменяющихся от нормального подпертого горизонта до мертвого горизонта.

2в. При пропуске всех расходов свободная поверхность потока в сборной камере устанавливалась почти горизонтальная, с незначительным уменьшением глубин (до 10%) в начальной ее части. Наличие перед отводящей трубой порога обеспечивало даже при минимальном расходе выход струй из всех выпусков в сборную камеру под уровень.

Кроме того, в процессе проведения опытов было установлено, что форма поперечного сечения трубы оказывает существенное влияние на характер свободной поверхности в ней. Отводящая труба прямоугольного сечения при соединении со сборной каме-

рой обеспечивает почти полное отсутствие бокового сжатия потока, в силу чего и свободная поверхность потока в ней при всех расходах устанавливается нормального вида.

Коробовое сечение отводящей трубы вызывает при пропуске максимального расхода образование прыжка — волны, затухающего по длине отводящей трубы.

3. Для определения пропускной способности сооружений при наличии перед отводящей трубой рекомендуемой конструкции гасителя построены кривые зависимости напора в водохранилище от расхода при полностью открытых затворах.

4. Эффективность гашения энергии определялась сравнением удельной энергии потока перед гасителем и за ним, т. е. в начале отводящей трубы.

Расчетом установлено, что в условиях исследуемых сооружений глубины, необходимые для затопления свободного прыжка, образующегося за щитом при горизонте воды в водохранилище на отметке НПГ, колеблются для различных расходов от 5 до 10 м.

Измерение глубин в начале отводящей трубы на моделях и пересчет их на натуру показали, что наличие рекомендуемой конструкции гасителя обеспечивает отводящей трубе глубины, близкие к проектным. При пропуске расходов, для которых уклон дна отводящей трубы меньше критического, в начале ее устанавливаются глубины, близкие к глубинам равномерного режима. При пропуске расходов, для которых этот уклон больше критического, — устанавливаются глубины, близкие к критическим (см. фиг. 2).

Сопоставление удельной энергии потока перед щитом и в начале отводящей трубы при различных расходах и максимальном напоре подтверждает эффективность работы рекомендуемой конструкции гасителя.

Удельная энергия потока в начале отводящей трубы почти при всех расходах равна минимальной ($\mathcal{E}_1 \approx \mathcal{E}_{кр}$), т. е. достигается максимально возможное гашение энергии (см. фиг. 3).

В условиях исследуемых сооружений рекомендуемая конструкция гасителя обеспечивает гашение избыточной удельной энергии до 29,5 м, а мощности до 18600 квт.

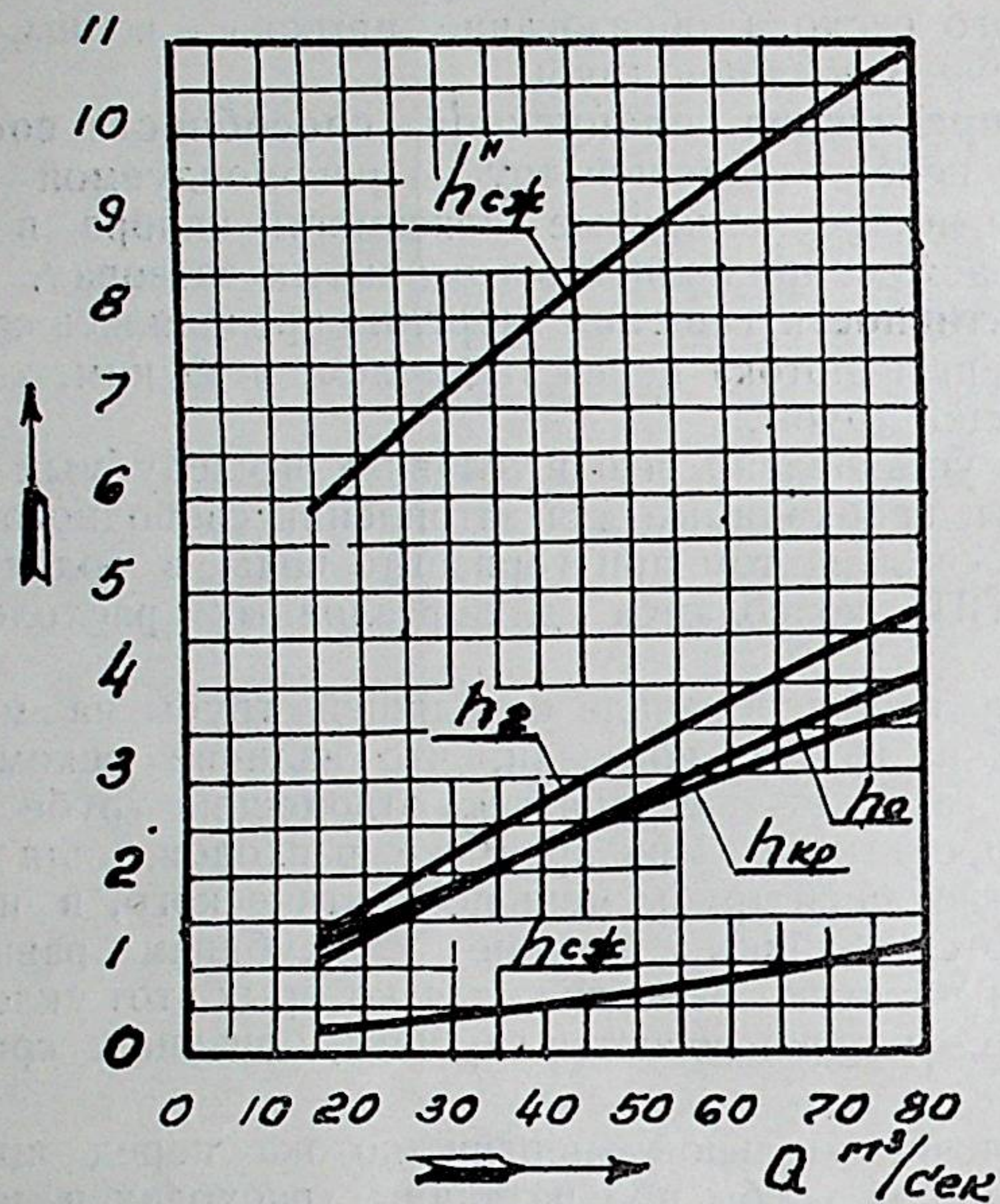
5. Коэффициент сопротивления участка галереи с выпусками определялся из уравнения Бернулли. Для сечения галереи перед выпусками и сечения в начале отводящей трубы уравнение Бернулли относительно плоскости сравнения, совпадающей с дном щитовой камеры, можно написать в виде:

$$\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 = \zeta_m \frac{v_0^2}{2g},$$

где:

\mathcal{E}_1 — удельная энергия потока в сечении галереи перед выпусками,

Кривые зависимости глубин от расхода для водопуска
 $CH = 32.19$ м и $Q = 80$ м³/сек.



Фиг 2

\mathcal{E}_2 — удельная энергия потока в сечении в начале отводящей трубы,

V_0 — скорость в сечении галерей перед выпусками,

ζ_m — коэффициент сопротивления участка галерей с выпусками.

Величина удельной энергии потока в сечении галерей перед выпусками вычислялась по формуле:

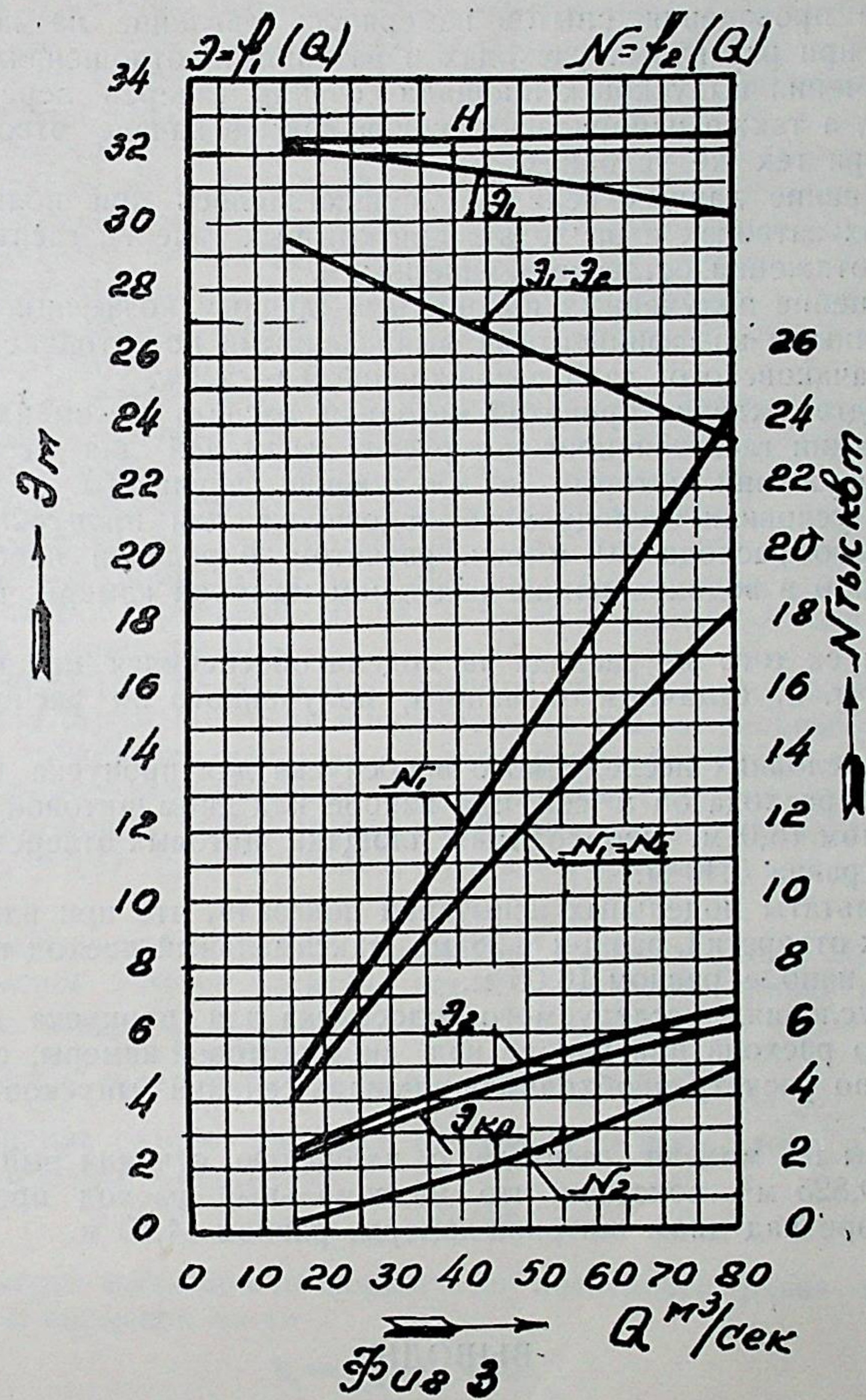
$$\mathcal{E}_1 = \frac{p}{\gamma} + \frac{V_0^2}{2g},$$

где $\frac{p}{\gamma}$ — давление на потолок галерей в сечении перед выпусками относительно дна щитовой камеры.

Величина удельной энергии потока в начале отводящей трубы вычислялась по формуле:

$$\mathcal{E}_2 = h_2 + h_{н_2} + \frac{V_2^2}{2g},$$

Кривые зависимости энергии и мощности от расхода для водопуска
 $CH = 32.19$ м и $Q = 80$ м³/сек.



Фиг 3

где: h_2 — глубина потока в начале отводящей трубы,
 $h_{пз}$ — высота порога отводящей трубы,
 V_2 — скорость потока в начале отводящей трубы.

Для определения искомого коэффициента сопротивления в процессе проведения опытов измерялось давление на потолок галереи при различных расходах и различных отношениях площади сечения выпусков к площади сечения галереи перед выпусками, а также измерялась глубина воды в начале отводящей трубы при тех же условиях.

Измерение данных величин осуществлялось при полностью открытых затворах и расходах, при которых галереи гасителя на всем протяжении оставались напорными.

Сравнение полученных по опытным данным коэффициентов с аналогичными коэффициентами, вычисленными по методике проф. Б. Д. Качановского, дало расхождение 0,4—5,2%.

В подтверждение принятой методики расчета рекомендуемой конструкции гасителя приведен расчет гасителей для исследуемых сооружений, который дал следующие результаты.

1. В условиях исследуемого водоспуска для пропуска максимального расхода 80 м³/сек., расчетом определен необходимый напор в водохранилище над дном щитовой камеры равный 15,35 м.

Пропуск того же расхода на модели обеспечился при напоре 14,99 м, т. е. отличном от напора, полученного по расчету на 2,44%.

2. В условиях исследуемого водоспуска для пропуска максимального расхода 55 м³/сек. при напоре над дном щитовой камеры, равном 16,0 м, необходимая площадь щитовых отверстий по расчету равна 5,40 м².

Результаты модельных испытаний показали, что при площади щитовых отверстий, равном 5,28 м², максимальный расход проходит при напоре, равном 16,05 м.

3. В условиях исследуемого водоспуска для пропуска максимального расхода при напоре над дном щитовой камеры, равном 14,8 м, по расчету необходимая площадь сечения выпусков равна 0,821 м².

Опыты на модели гасителя с площадью сечения выпусков, равной 0,825 м², показали, что максимальный расход проходит при напоре над дном щитовой камеры, равном 14,60 м.

ВЫВОДЫ

1. Гашение избыточной энергии в трубчатых водоспусках с напором над дном щитовой камеры до 10—12 м может осуществляться водобойным колодцем.

2. В условиях высоконапорных водоспусков гашение избыточной энергии может осуществляться различными способами:

А. Расположением непосредственно за затвором тела с большим сопротивлением движению потока (тип диафрагмового гасителя).

Б. Введением в зону прыжка специальных гасителей, реакция которых будет обеспечивать затопление прыжка глубинами, много меньшими, чем сопряженная глубина с глубиной в сжатом сечении при свободном прыжке (тип спирального гасителя).

В. Устройством ~~поперечными~~ такого сооружения, в котором реактивные силы гасителя будут заменены эквивалентными силами, возникающими при взаимодействии друг с другом отдельных частей потока (тип гасителя со встречным движением струй).

3. Высокие энергогасящие свойства встречного движения струй дают основание считать для высоконапорных водоспусков наиболее перспективными гасителями — гасители со встречным движением струй.

4. Применение гасителей со встречным движением струй даст возможность значительно сократить объем строительных работ, а следовательно и уменьшить стоимость сооружения.

5. Простота конструкции рекомендуемого нами гасителя и весьма высокие его энергогасящие свойства могут обеспечить ему широкое применение в практике строительства трубчатых водоспусков с расходами до 100 м³/сек. и напорами над дном щитовой камеры до 30 м.

6. Предлагаемая методика расчета гасителя со встречным движением струй, подтвержденная результатами модельных исследований, может рекомендоваться для практического применения.

7. Величина коэффициента сопротивления участка галереи с выпусками может определяться по рекомендуемой нами зависимости $\zeta_{ин} = f(\varphi)$ для гасителей, удовлетворяющих следующим условиям:

а) Число выпусков в каждой галерее гасителя равно 20.

б) Высота галереи гасителя перед выпусками равна высоте щитового отверстия $h_{гв} = h_{ин}$.

в) Высота галерей гасителя в конце $h_{гк} = 0,455 h_{ин}$.

г) Ширина галерей гасителя постоянна по всей длине и равна ширине щитового отверстия

$$b_2 = b_{ин} = 0,545 h_{ин}$$

д) Высота выпусков от первого до последнего равна высоте галереи в концевой части

$$h_в = h_{гк} = 0,455 h_{ин}$$

е) Ширина выпусков от первого до последнего

$$b_в = 1,2 \varphi h_{ин},$$

где φ — отношение площади сечения выпуска к площади сечения галереи перед выпусками.

ж) Диаметр отдельных стоек

$$d = 0,80 \varphi h_{\text{ш}}$$

з) Расстояние между осями выпусков

$$l = (b_n + d) = 2\varphi h_{\text{ш}}$$

и) Длина участка с наклонным полом

$$L_{\text{н}} = (m - 1) l = 38 \varphi h_{\text{ш}}$$

к) Длина участка галереи с выпусками

$$L = 39,2 \varphi h_{\text{ш}}$$

л) Высота планок шероховатости

$$h_{\text{нл}} = 0,091 h_{\text{ш}}$$

м) Расстояние между осями планок шероховатости

$$l_{\text{нл}} = 2l = 4\varphi h_{\text{ш}}$$

н) Превышение пола галереи над дном щитовой камеры в начале галереи

$$h_1 = h_{\text{нл}} = 0,091 h_{\text{ш}}$$

о) Тангенс угла наклона пола галереи

$$\text{tg} \theta_1 = 0,012 \frac{1}{\varphi}$$

п) Угол расхождения продольных галерей

$$\theta_2 = \text{от } 0 \text{ до } 10^\circ$$

р) Высота порога отводящей трубы

$$h_{\text{н2}} = 0,271 h_{\text{ш}}$$

8. При других параметрах гасителя коэффициент сопротивления участка галереи с выпусками необходимо определять по методике, приведенной в диссертации.

9. Работа по исследованию возможности использования встречного движения струй для гашения избыточной энергии в трубчатых водоспусках должна быть продолжена в направлении получения новых конструкций гасителей, действующих по данному принципу.

