

АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК УзССР
ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ
И МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

На правах рукописи

Я. В. БОЧКАРЕВ

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ЗАТВОРЫ-АВТОМАТЫ
ДЛЯ КАНАЛОВ ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЫ

Автореферат
диссертации, представленной на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Научный руководитель:
зав. гидрометрической лабораторией
САНИИРИ,
кандидат технических наук
М. В. Бутырин

Ташкент 1960

43

Работа выполнена в Среднеазиатском
научно-исследовательском институте ирригации (САНИИРИ).

170662

ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ
БИБЛИОТЕКА
А. И. Киргизской ССР

ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация производственных процессов является одним из главных направлений в развитии технического прогресса в условиях современной экономики.

Если в области промышленности и энергетики, где достигнута высокая степень концентрации и механизации производства, этот вопрос решается успешно, то в области ирригации он требует своего разрешения. Особенно это относится к таким республикам, как Киргизия, где до 65% всех сельскохозяйственных культур и свыше 93% технических культур возделывается на орошаемых землях.

Существующие оросительные системы предгорной зоны характеризуются совершенным отсутствием автоматов на каналах и источниках и отсутствием технически совершенных конструкций автоматов для условий водных трактов предгорной зоны. При этом оросительные системы предгорной зоны составляют большинство всех орошаемых площадей Киргизии. Имеющиеся же и строящиеся в настоящее время конструкции гидротехнических сооружений не обеспечивают поддержание нужного режима каналов, для чего требуется большое количество регулировщиков, потому что почти на каждом постоянном сооружении необходимо круглосуточное дежурство, особенно в паводковый период. Учет воды производится неоперативными и недостаточно точными средствами и требует большой эксплуатационный штат.

Устранить эти недостатки можно лишь рядом мероприятий, направленных на внедрение комплексной автоматизации в водораспределение.

Наиболее узким местом в этом вопросе является автоматизация работы гидротехнических сооружений, осуществляемая посредством создания конструкций автоматов обеспечивающих поддержание заданных, постоянных во времени, пара-

метров (горизонт верхнего бьефа, расход отвода), с учетом гидравлических особенностей каналов предгорной зоны.

Учитывая рассредоточенность гидротехнических сооружений на оросительных системах, а также резкие колебания расходов, как суточных, так и в течение вегетации, особенно в период прохождения паводка, наиболее актуальными являются автоматы гидравлического действия (вододействующие затворы-автоматы), имеющие высокую чувствительность и быстроту сработки, использующие энергию самой воды без превращения в другой вид, имеющие конструкцию проще чем электрические и совмещающие функции регулирования и учета.

Данная работа и посвящена разработке и исследованию гидравлических автоматов для автоматизации работы гидротехнических сооружений на каналах предгорной зоны.

Работа состоит из двух частей. В первой (общей) части дается характеристика оросительных систем (каналов, гидротехнических сооружений) и обзор существующих и предложенных затворов-автоматов с точки зрения возможности их применения на каналах предгорной зоны. Эта часть содержит 61 страницу машинописи и 25 фото. Во второй части (специальной) приводятся результаты разработок и исследований новых конструкций затворов-автоматов постоянного горизонта верхнего бьефа и затворов-автоматов постоянного расхода отвода и содержит 169 страниц машинописи, 52 фото и рисунок.

I. Общая характеристика оросительных систем

На оросительных системах Киргизии имеется 1175 межхозяйственных каналов, протяженностью 6988 км. По расходам протяженность каналов составляет: с расходами до 2 м³/сек — 4668 км, от 2 до 5 м³/сек — 1600 км и более 5 м³/сек — 720 км. Как показал анализ материалов по каналам:

1. Большинство их проходит в зоне конусов выноса, имеют большие уклоны в пределах 0,01 ÷ 0,03, большие скорости в пределах до 3 м/сек и малые наполнения.

2. Трассы всех каналов проходят в выемке и русла их лишены растительности.

3. В силу неравномерности режима источников орошения, каналы имеют большую амплитуду колебания расходов, как в течение суток (доходящие до 200% и более), так и в течение вегетации.

4. Для обеспечения командования над отводами, в подавляющем большинстве случаев, требуется подпор.

5. Поток несет наносы в виде гальки и песка.

Для водозабора и водораспределения на каналах построе-

но и функционирует 9131 гидротехническое сооружение, из которых на межхозяйственной сети 3429. Из 2881 точек забора воды оснащено регулирующими сооружениями 421 или 14,3%. Из наличия 4860 точек выдела воды хозяйствам армировано гидротехническими сооружениями 2524 или 41,7%.

Для учета воды имеется 5126 водомерных устройств, из которых 43% — гидрометрические посты, 40% — водосливы. На основании данных технической характеристики гидротехнических сооружений установлено:

1. Большинство гидротехнических сооружений открытого типа и не обладают водомерностью.

2. Регулирующим устройством у подавляющего большинства гидротехнических сооружений, является плоский щит с ручным приводом.

3. На предгорных каналах, как правило, неотъемлемой частью гидротехнического узла является перегораживающее сооружение.

4. Водомерное устройство, в подавляющем большинстве случаев, располагается отдельно от регулирующего сооружения.

5. Совершенно отсутствуют на системах автоматические регуляторы и очень мало водомеров-регуляторов. Исходными требованиями, которым должны отвечать автоматы на каналах, являются:

1. Поддержание заданного режима (расход, горизонт) работы канала и изменение его, в соответствии с требованиями, с отклонением не более $\pm 5 - 6\%$.

2. Обеспечение постоянства параметров во всем диапазоне колебания уровней от среднего минимального до расчетного максимального, примерно 3—5 раз.

3. Автоматический пропуск излишков расхода по транзитному каналу.

4. Гидравлическая промывка наносов в нижний бьеф.

5. Совмещение функций регулирования и учета.

6. Простота конструкции и эксплуатации, экономичность, долговечность, нетребовательность к потоку.

7. Возможность стандартизации и промышленного изготовления.

II. Гидравлические автоматы существующие и предложенные

Для автоматизации водораспределения предложено большое количество автоматов, но очень мало из них осуществлено на каналах.

Все автоматы можно подразделить на две группы:

1. Автоматы предназначенные для поддержания постоянно-го расчетного горизонта воды в верхнем бьефе гидротехнических сооружений и за счет этого обеспечивающие подачу постоянного расхода воды отводов, находящихся в зоне влияния автомата, и работающих со свободным истечением. Поддержание постоянного напора осуществляется двояко:

а) Путем применения удлиненных водосливов. К ним относятся в частности автоматы: Модуль Футта, конструкции АрмНИИГиМ. Они просты по устройству, надежны в работе, но слишком громоздки (требуют большой удельный объем работ) и применение их ограничивается каналами с обеспеченным командным горизонтом и мутностью потока.

б) Путем сброса излишков воды под полотнище или через гребень затвора. К ним относятся: секторные и барабанные, крышевидные, сегментные (французской фирмы Нейпик, Маковского, Мамышева и др.) и клапанные (Финке, качающийся клапан и др.). Применение секторных, барабанных и крышевидных ограничивается плотинами и мутностью потока. По конструкции громоздки и сложны. Для управления ими необходимо иметь дополнительную аппаратуру.

Сегментные и клапанные затворы, как правило, уравновешенные, что делает их очень тяжелыми и сравнительно громоздкими. Так, например, наиболее рациональная, из этого типа конструкция затвора Финке при размерах $1,5 \times 3,0$ м и общем напоре 4,9 м, имеет расчетный вес балансира 5640 кг.

2. Автоматы предназначенные для подачи постоянного расхода воды в отвод. Подача постоянного расхода воды в отвод осуществляется трояко:

а) Путем поддержания постоянного напора (переливающийся слой, напор над отверстием и т. п.) при изменяющемся горизонте в старшем канале. Для постоянства расхода отвода необходимо, чтобы площадь водопропускного отверстия и коэффициент расхода оставались постоянными. К ним относятся конструкции Линдлея, Коглиати, Костякова, Курносова и др. — Эти конструкции будучи легкими, сравнительно громоздки и ненадежны в работе, т. к. не пропускают наносов. Применение их ограничивается каналами с обеспеченным командным горизонтом.

б) Путем изменения площади рабочего отверстия обратно пропорционально \sqrt{h} . К ним относятся конструкции Бутырина, Бутырина и Каграманова, Бредиса, Меркурьева, с криволинейными поплавками и многие другие. Данные конструкции будучи конструктивно простыми, но также сравнительно громоздки, применение их ограничивается режимом отводящего канала. Применение большинства из них ограничивается малыми уклонами и мутностью потока.

Наиболее совершенным является автомат Меркурьева, но применение его ограничивается каналами с обеспеченным командным горизонтом и чистым потоком, и отсутствием отрицательного влияния нижнего бьефа на его работу (заиливание, влияние близлежащего регулирующего сооружения).

в) Путем изменения сопротивлений пропорционально \sqrt{h} . Сюда относятся автоматы Журина, Бредиса, Лубны Герцика и др. Эти автоматы имеют большие потери напора, небольшой процент регулирования расхода отвода, с изменением транзитного и малую пропускную способность.

Приведенный анализ предложенных и работающих автоматов показывает, что ни одна из конструкций не удовлетворяет в полной мере требованиям потока и эксплуатации каналов предгорной зоны.

Таким образом, для автоматизации работы гидротехнических сооружений на каналах предгорной зоны была поставлена задача разработать и исследовать новые конструкции затворов-автоматов. Результаты разработок и исследований приводятся в специальной части.

Специальная часть

НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЗАТВОРОВ-АВТОМАТОВ

Водораспределительные сооружения на каналах предгорных оросительных систем нами подразделяются на:

1. Водные узлы, имеющие в комплексе несколько отводов-водовыпусков (два и более) и перегораживающее сооружение.

2. Вододелители, состоящие из двух сооружений, из которых одно может быть перегораживающим, а другое водовыпуском.

3. Водовыпуски (одиночные).

Учитывая это, к разработке и исследованию нами предложено два типа вододействующих затворов:

I. Затворы-автоматы, обеспечивающие постоянный напор в верхнем бьефе и за счет этого постоянный расход воды в отводах. Этот автомат предусматривается, главным образом, для водных узлов, вододелителей.

II. Затворы-автоматы, обеспечивающие подачу постоянного расхода воды в отвод и сброса излишков по транзиту. Данные автоматы должны найти преимущественное применение на одиночных водовыпусках и вододелителях.

1. Гидравлические затворы-автоматы для поддержания постоянного горизонта воды в верхнем бьефе гидротехнических сооружений.

Конструктивные схемы, принцип действия и теоретическое обоснование

Для решения вопроса автоматического поддержания расчетного горизонта воды в верхнем бьефе гидротехнических

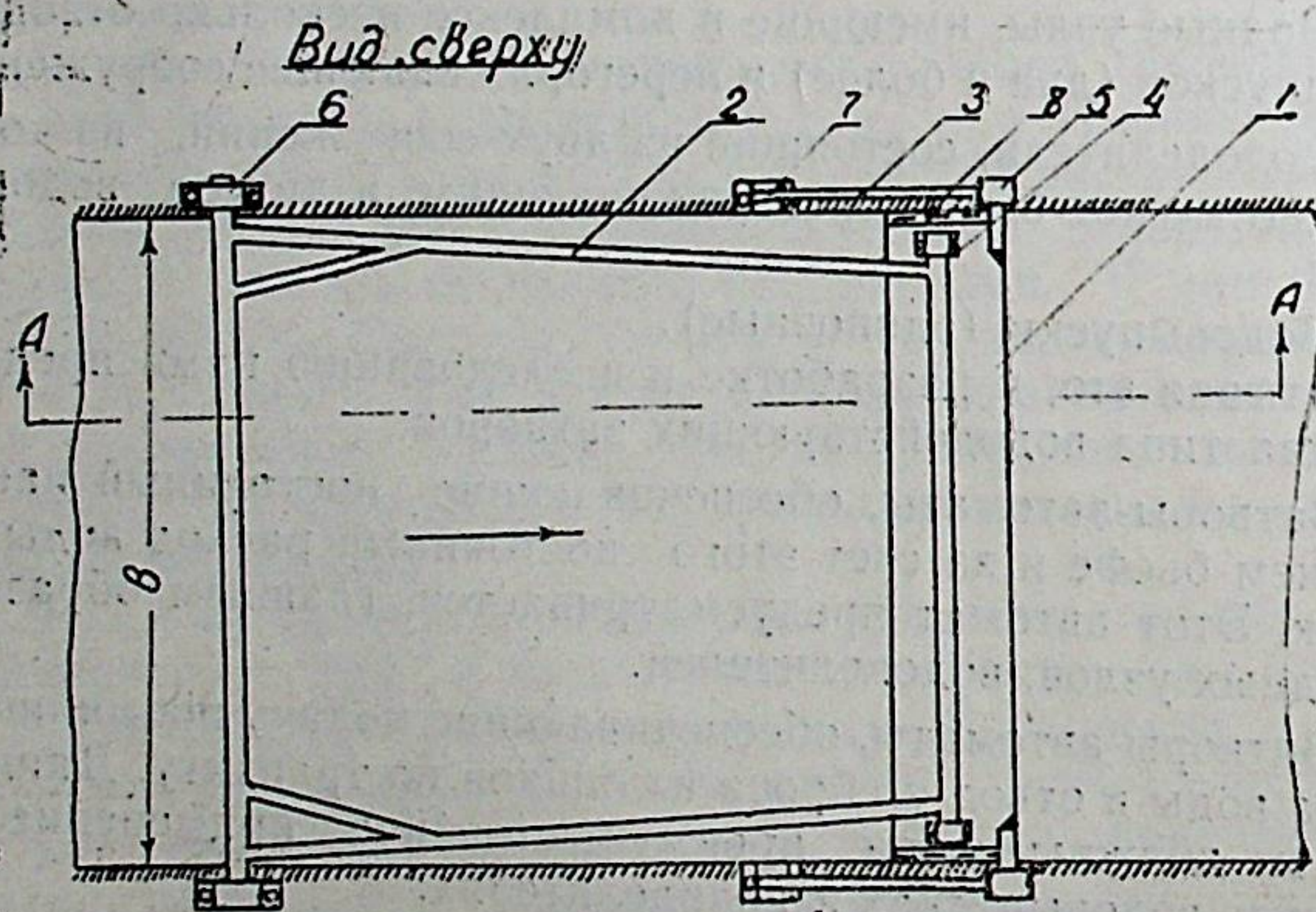
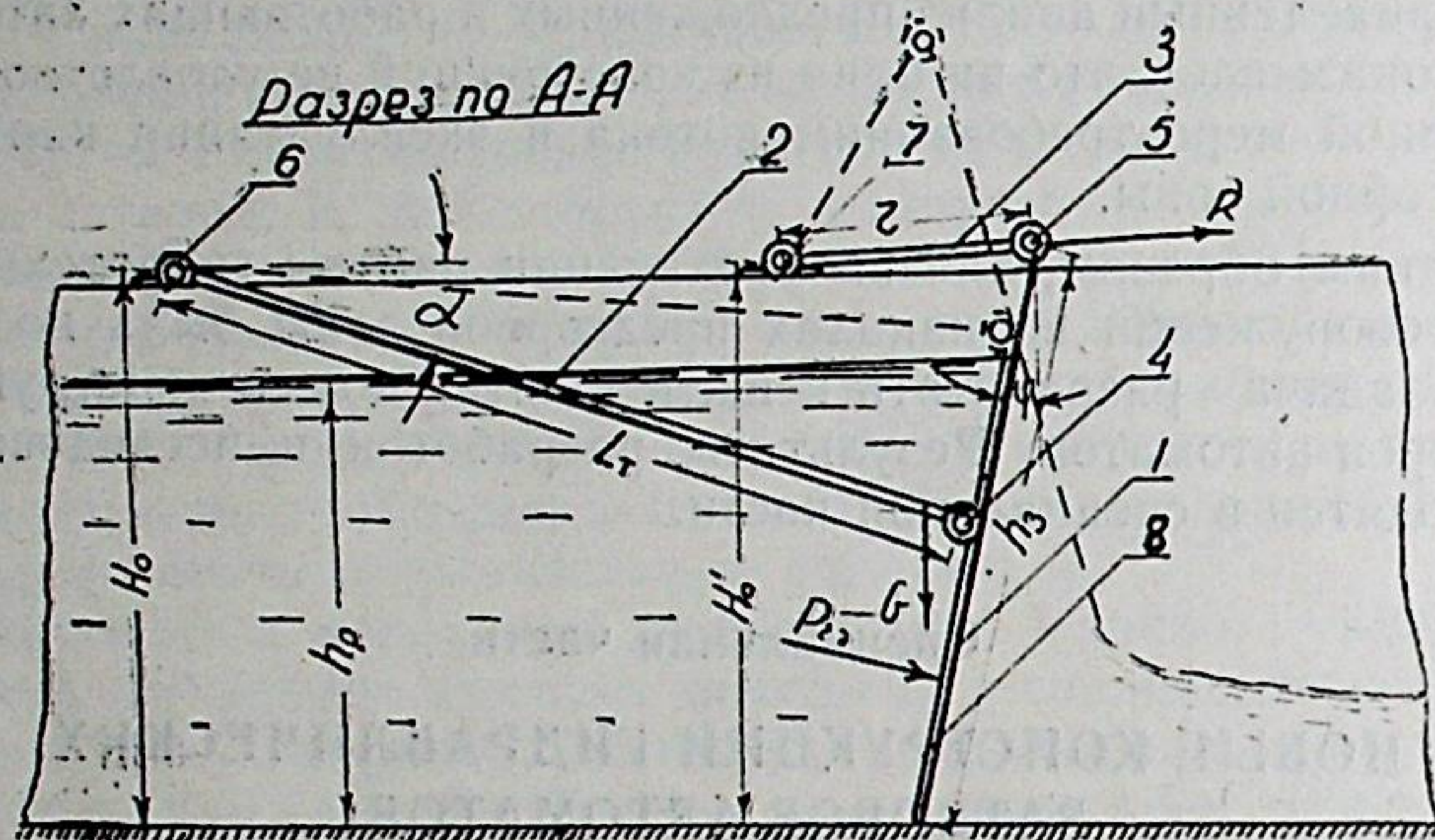


Рис. 1.

сооружений, независимо от колебания расхода воды в канале, нами созданы и предлагаются две конструкции клапанных вододействующих затворов-автоматов.¹

а) Плоский клапанный затвор-автомат с рычагами-корректорами, состоящий (рис. 1) из полотнища затвора 1, которое посередине (по высоте) шарнирно соединяется с качающейся рамой 2. На верхней кромке полотнища затвора у краев, на полуосях, шарнирно соединяется подшипниками 5 с рычагами-корректорами 3.

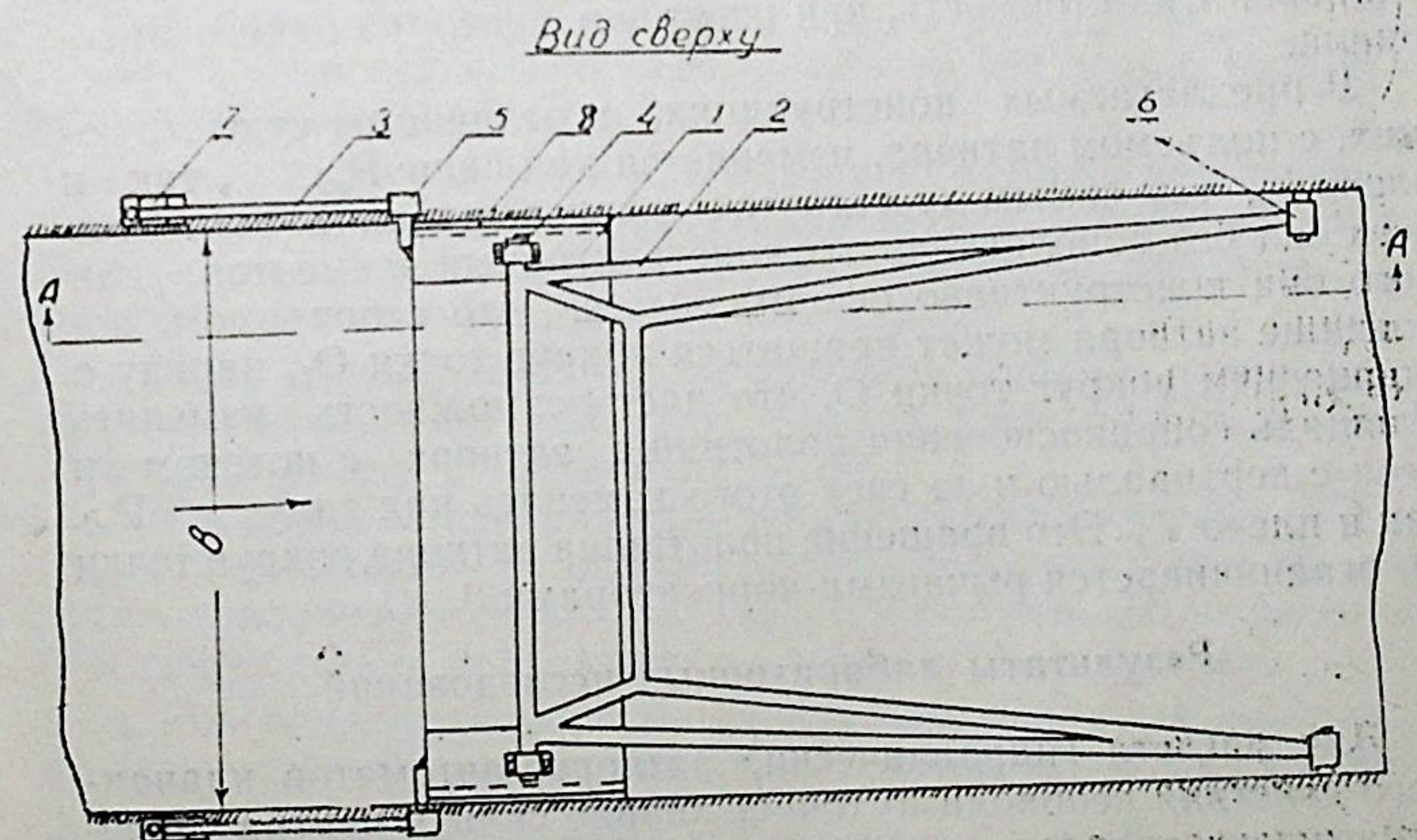
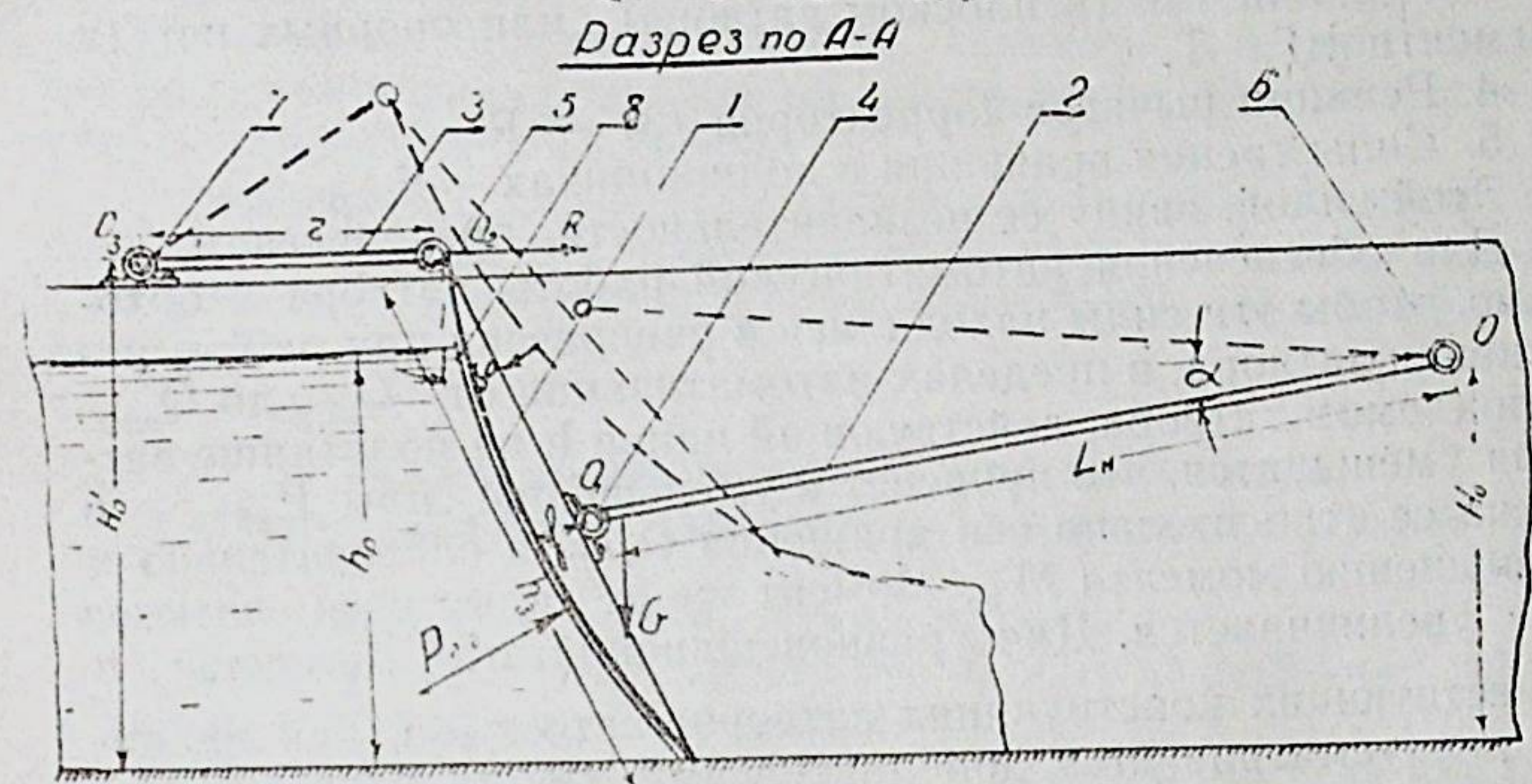


Рис. 2.

¹ Авторское свидетельство № 110691.

б) Сегментный клапанный затвор-автомат с рычагами-корректорами (рис. 2). В основном аналогичен плоскому. Отличается тем, что качающаяся рама (2) располагается со стороны нижнего бьефа и полотнище затвора представляет из себя сегмент. Принцип действия автоматов основан на уравнивании моментов сил действующих на затвор. Движение затвора находится под действием сил:

1. Гидродинамического давления воды — $P_{гд}$.
2. Веса движущихся частей затвора — G .
3. Реакции тяг (в плоском затворе) или опорных ног (в сегментном) — T .
4. Реакции рычагов-корректоров (3) — R .
5. Силы трения вращения в подшипниках — $F_{тр}$.

Этой силой, ввиду ее незначительности, пренебрегаем. Для обеспечения автоматической работы затвора необходимо, чтобы эти силы находились в равновесии при любом положении затвора, в пределах автоматизации от Q_{min} до Q_{max} . С подъемом затвора, действующий напор h на полотнище затвора уменьшится, что приведет к уменьшению силы $P_{гд}$ и плеча ее относительно оси вращения O , l_p , а следовательно к уменьшению момента M_p . Момент же от силы веса затвора M_G увеличивается. Для уравнивания этих моментов в существующих конструкциях затворов-автоматов, как правило, предусматривается дополнительный конструктивный элемент (балансиры, поплавки и др.). Все это усложняет конструкцию затвора и осложняет их эксплуатацию, а также удорожает их стоимость, при изготовлении их из одного материала.

В предлагаемых конструкциях, в отличие от существующих, с подъемом затвора, изменяется как сила $P_{гд}$, так и плечо l_p , тем самым достигается уравнивание моментов всех сил без дополнительных конструктивных элементов, для чего они конструктивно оформлены так, что с подъемом, полотнище затвора может вращаться вокруг точки O_1 , наряду с вращением вокруг точки O , что дает возможность изменять площадь соприкосновения полотнища затвора с потоком и угол с вертикалью и за счет этого изменять как силу $P_{гд}$, так и плечо l_p . Это вращение полотнища затвора вокруг точки O_1 ограничивается рычагами-корректорами 3.

Результаты лабораторных исследований

Для расчета гидравлических затворов-автоматов клапанного действия необходимо точное знание силы и центра гидродинамического давления на полотнище затвора при любом его положении (открытие, угол атаки) для различных напоров

в верхнем бьефе и уклонов канала, а также знание коэффициента расхода при истечении из отверстия.

Лабораторными исследованиями преследовалась цель изучить распределение гидродинамических давлений вдоль и поперек полотнища затвора, на этой основе дать методику определения сил и центров гидродинамического давления воды; изучить коэффициент расхода. Для подтверждения правильности проведенных исследований методики расчета, испытать действующие модели.

Для определения зоны влияния автомата, с целью правильного размещения отводов, на действующих моделях исследовать режим верхнего бьефа.

Исследовались две модели затворов-автоматов: плоский и сегментный. Все опыты проводились на гидравлическом лотке в гидрометрической лаборатории САНИИРИ. Масштаб модели 1:10.

а) Исследование величины и распределения гидродинамических давлений на полотнище затвора

Исследованиями было намечено изучить:

1. Влияние изменения расчетного напора на величину силы и центра гидродинамического давления.
2. Изменение силы и центра $P_{гд}$ с изменением угла наклона полотнища затвора к вертикали φ при различных значениях углов наклона тяг (опорных ног) к горизонту α .
3. Влияние уклона на величину силы и центра $P_{гд}$.

Для изучения этих вопросов проведено 164 опыта. Как показали исследования:

1. Силу давления воды на полотнище затвора нельзя считать по известным формулам гидростатики, в силу наличия гидродинамического эффекта, проявляющегося различно в зависимости от напора, положения затвора.

2. Сила гидродинамического давления воды на полотнище затвора с изменением уклона от 0 до 0,03 уменьшается, в зоне работы автомата, в среднем на 5—6%.

3. Координаты центра гидродинамического давления $X_{гд}$ ($X_{гд}$ — расстояние от нижней кромки полотнища затвора до точки приложения силы $P_{гд}$) выше вычисленных по формулам гидростатики и практически не зависят от уклона,

4. Боковое обтекание, при наличии небольших зазоров между затвором и боковыми стенками лотка (2—3 мм) на модели в диапазоне автоматизма (открытие $\alpha = 0 \div \frac{h_p}{2}$),

практически не влияет на величину силы $P_{гд}$.

5. Для практического пользования и расчета составлены специальные номограммы сил и центров гидродинамического давления.

б) Исследование коэффициента расхода

Исследованиями намечено изучить:

1. Зависимость коэффициента расхода от положения затвора (открытие, угол атаки—наклон полотнища затвора к вертикали).

2. Влияние уклона дна канала на величину коэффициента расхода.

3. Зависимость коэффициента расхода от расчетного напора.

Для изучения этих вопросов проведено 128 опытов.

В результате проведенных исследований получены зависимости для определения коэффициента расхода:

а) плоский клапанный затвор-автомат

$$m_{\phi} = A + 3,57 \cdot 10^4 \alpha^2, \quad (1)$$

б) сегментный клапанный затвор-автомат

$$m_{\phi} = A + 8,74 \cdot 10^4 (18 - \alpha)^2, \quad (2)$$

где: m_{ϕ} — коэффициент расхода по формуле;

A — коэффициент, зависящий от расчетного напора, для данного напора, от уклона;

α — угол наклона тяг (опорных ног) к горизонту, отсчитываемый от горизонта по часовой стрелке.

Методика расчета

На основании теоретических проработок и данных лабораторных исследований получены расчетные зависимости для определения параметров затвора:

1. Высота затвора: а) для плоского $h_3 = 1,36h_p$, (3)

б) для сегментного $h_3 = 1,27h_p$. (4)

2. Ширина полотнища затвора

$$b = \frac{Q}{m_{\phi} a \sqrt{2gh_p}} \quad (5)$$

3. Длина тяг (плоский затвор) или радиус обшивки (сегментный затвор)

$$h_T = R_{об} = 2,5h_3. \quad (6)$$

4. Высота расположения опорного подшипника O

а) для плоского $H_0 = h_p + 0,4$; (7)

б) для сегментного $H_0 = 0,8 h_p$. (8)

В приведенных зависимостях и формулах:

h_p — расчетный напор в метрах,

Q — расход в верхнем бьефе в $m^3/сек$, принимается максимальным,

a — открытие затвора, в метрах, принимается максимальным $= \frac{h_p}{2}$,

m_{ϕ} — коэффициент расхода, принимается для максимального a .

Разработаны аналитический и графоаналитический методы расчета, сводящиеся к определению радиуса (длины) рычага-корректора. Для практических целей рекомендуется графоаналитический метод расчета, как более простой, но дающий достаточно точные результаты.

По этому методу, для определения длины и центра вращения рычага-корректора, составляются уравнения моментов относительно точек O и O_1 :

а) Для плоского затвора (рис. 1)

$$\Sigma M_o = P_{2d} l_p - G l_G + R l_R = 0 \quad (9)$$

$$\Sigma M'_o = P_{2d} l'_p \pm G l'_G - R l'_R = 0 \quad (10)$$

б) Для сегментного затвора (рис. 2)

$$\Sigma M_o = G l_G - P_{2d} l_p - R l_R = 0 \quad (11)$$

$$\Sigma M'_o = P_{2d} l'_p \pm G l'_G - R l'_R = 0 \quad (12)$$

Где: P_{2d} — сила гидродинамического давления воды на полотнище затвора, для закрытого положения равна гидростатической. В рабочем положении P_{2d} определяется по специальной номограмме.

l_p и l'_p — плечи силы P_{2d} относительно точек O и O_1

l_G и l'_G — плечи силы веса G относительно точек O и O_1 .

R — сила реакции подшипника B от действия всех сил на затвор.

l_R и l'_R — плечи силы R относительно точек O и O_1 .

Из уравнений моментов, методом последовательного приближения, определяется сила R и ее направление.

Определив силу R и ее направление, задается перемещение точки O_2 на величину $\Delta S = 0,05 h_p$ по нормали к R . В результате получается новая позиция, для которой определяют новые значения α_1 и φ_1 и весь расчет производится в той же последовательности. В итоге получается ломаная линия, заменяемая плавной кривой. Последняя, как показали исследования, в зоне открытия $a = 0 \div \frac{h_p}{2}$, с достаточной точностью,

может быть заменена кривой круга, радиус которой и дает длину рычага-корректора, а центр окружности — местоположение опорного подшипника 7.

Исследование действующих моделей

На основании лабораторных исследований и разработанной методики расчета, были рассчитаны и построены действующие модели плоского и сегментного клапанного затворов-автоматов в $M = 1:10$. Исследования проводились на моделях с различными уклонами дна лотка $i = 0 \div 0,03$.

В результате проведенных исследований этих моделей получены следующие результаты по:

а) Точности поддержания расчетного напора

1. Автоматы дают высокую точность в поддержании расчетного напора. Ошибка в напоре не превышает $\pm 1-3\%$ от среднего.

2. Диапазон автоматизма с сохранением $h_p = \text{const}$ равен $5 \div 10$.

3. Имеют высокую чувствительность, срабатывая при изменении напора на $1 \div 2$ мм (модель)

б) Устойчивости затвора

Оптимальным исходным положением, обеспечивающим устойчивую работу затворов является:

1) для плоского затвора такая, при которой точка O_3 (в исходном положении затвора) находится на одном уровне с точкой O_2 , но не выше ее.

2) для сегментного затвора такая, при которой рычаг-корректор в исходном положении занимает горизонтальное положение или имеет $+\angle\beta$. По конструктивным соображениям желательно, чтобы $\beta = 0 \div 5^\circ$. ($\angle\beta$ — угол наклона рычага (3) к горизонту).

в) Режиму верхнего бьефа

1. Свободная поверхность потока, при перекрытии его затвором имеет вид кривой подпора. Форма ее изменяется с изменением расхода и напора. При малых расходах она в своей нижней части асимптотически приближается к горизонтальной линии. Это имеет место при $h_p = 125$ мм для $Q = 2 \div 6$ л/сек и при $h_p = 100$ мм для $Q = 2 \div 4$ л/сек. При больших расходах свободная поверхность имеет вид гидравлического прыжка. Это имеет место при $h_p = 125$ мм для $Q = 10$ л/сек и при $h_p = 100$ мм для $Q = 8 \div 10$ л/сек при пропуске промежуточных расходов, свободная поверхность в зоне сопряжения бытовых глубин с кривой подпора имеет вид ряби, с увеличением расхода наблюдается волна переходящая, с дальнейшим увеличением Q , в гидравлический прыжок.

2. Спокойный вид свободной поверхности воды в верхнем бьефе, при максимальном уклоне $i = 0,03$ наблюдаются на расстоянии $l = (8-10) h_p$ при Q_{max} для рекомендуемого расчетного напора, что определяет местоположение отводов-водоотпусков.

Выводы и рекомендации по исследованию затворов-автоматов $h_p = \text{const}$

1. На основании разработок и исследований (более 300 опытов) рекомендуется два варианта клапанных затворов-автоматов с рычагами-корректорами: плоский и сегментный (рис. 1, 2). Применение их позволит решить один из сложнейших вопросов — автоматизацию работы гидротехнических узлов, вододелителей и др.

2. Предлагаемые затворы сравнительно просты в устройстве.

3. Обеспечивают поддержание постоянного во времени горизонта воды в верхнем бьефе, а, следовательно, и постоянного расхода воды в отводах.

4. Имеют высокую чувствительность, мгновенно срабатывают при возмущениях, возникающих от изменения напора на величину $1-2\%$ и автоматически сбрасывают излишние расходы, что особенно важно для предгорных водотоков при пропуске паводковых расходов.

5. Имеют устойчивый режим работы.

6. Имеют большой диапазон от Q_{min} до Q_{max} , примерно $5-10$ раз.

7. В силу свободного истечения из-под щита и наличия больших скоростей при истечении из отверстия, беспрепятственно пропускают наносы, подходящие к затвору.

8. Возможно использовать для учета воды на транзите.

9. Не требовательны к потоку, т. е. к скоростям, его мутности и т. д.

10. Применение их, наряду с техническим совершенствованием системы водораспределения, позволит дать значительную экономию средств, идущих на регулирование водораспределения.

II. Гидравлические затворы-автоматы для подачи постоянного заданного расхода воды в отвод

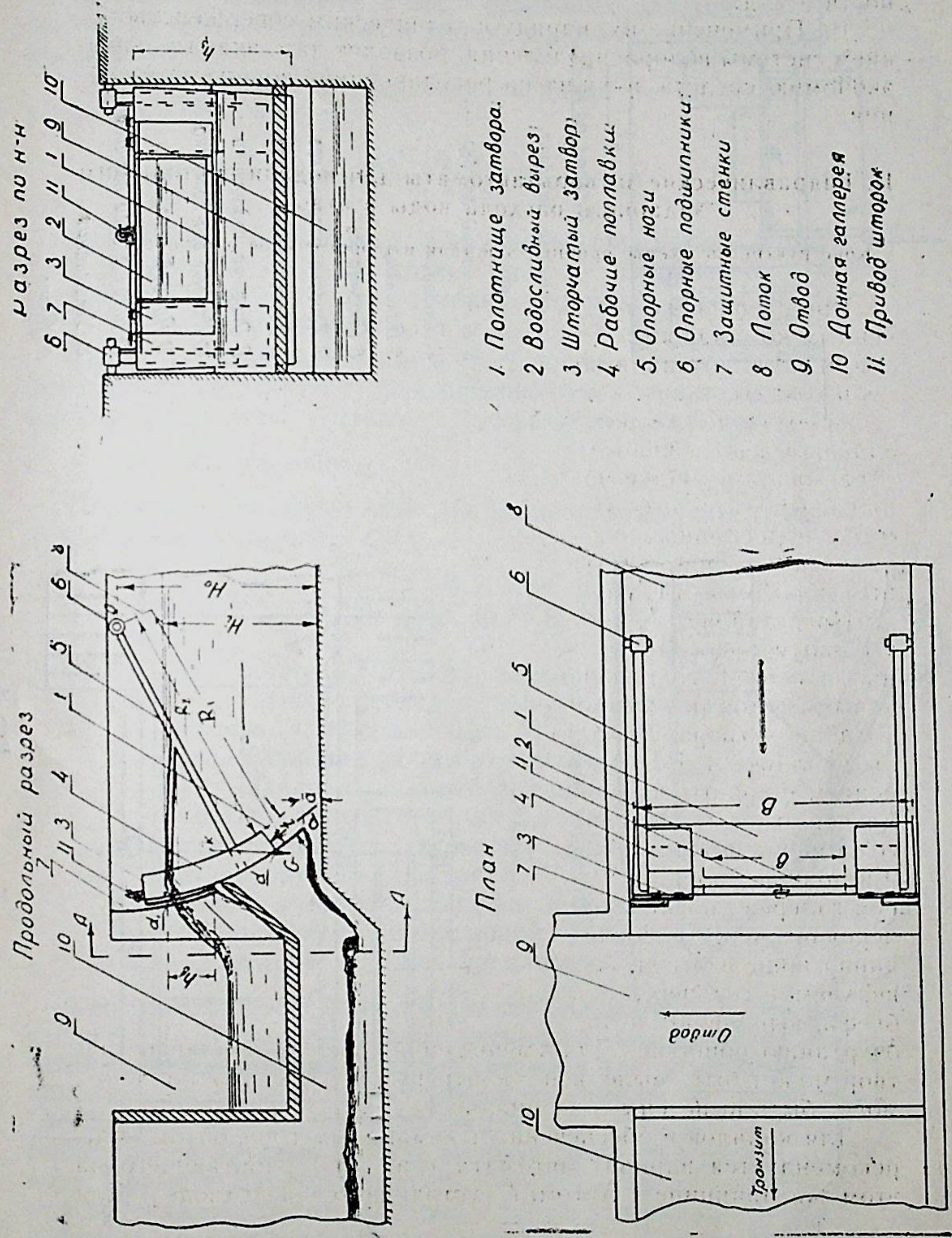
Конструктивные схемы, принцип действия и теоретическое обоснование

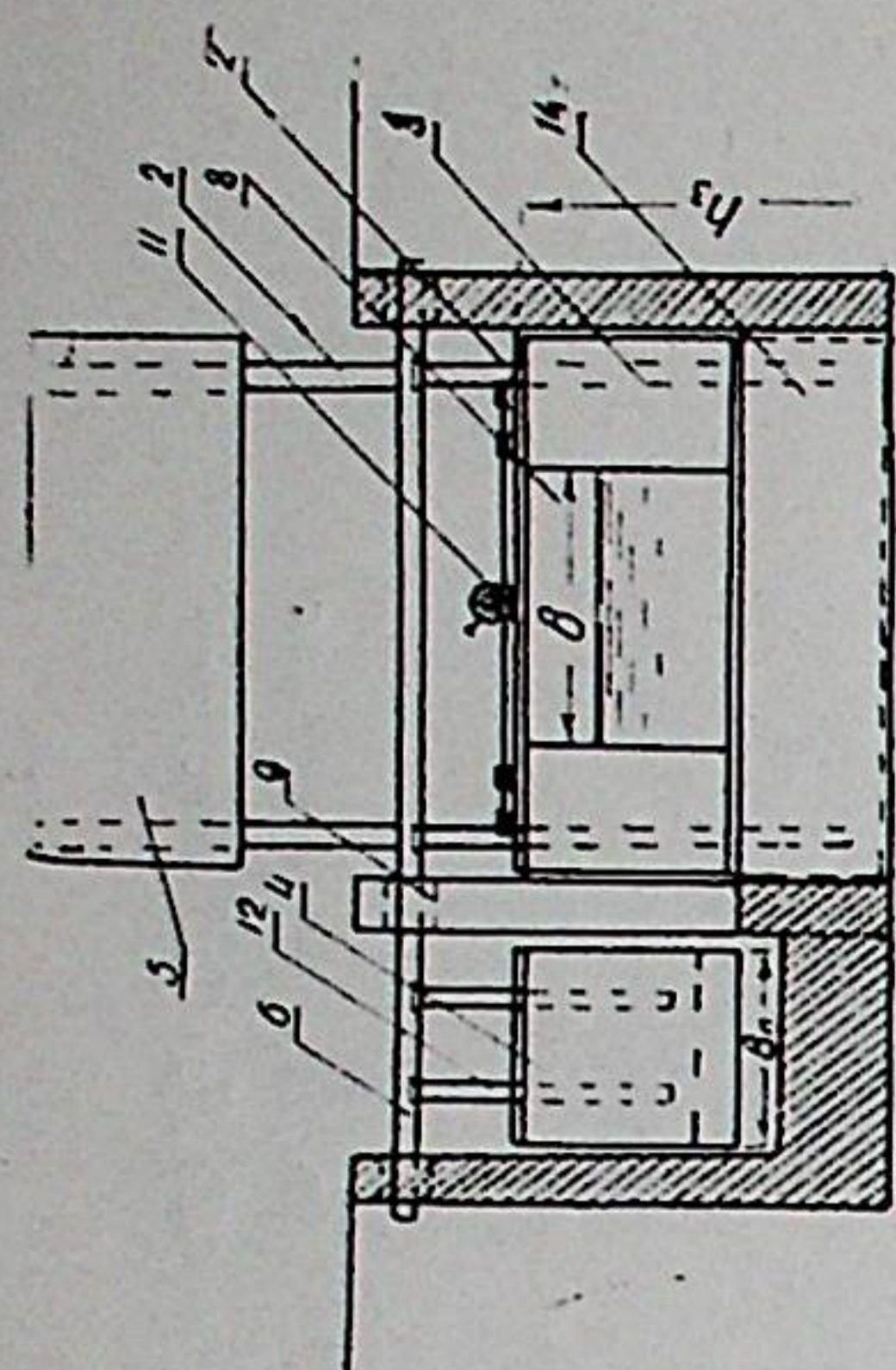
При разработке автоматов расхода для каналов с необеспеченным командным горизонтом, где забор воды связан с необходимостью создания подпора перед отводом, преследовалась цель создать такую конструкцию затвора, которая автоматически создавала бы необходимый подпор, обеспечивала забор заданного, постоянного во времени расхода воды в отвод, сбрасывала излишки по транзиту с пропуском наносов в нижний бьеф. Для этих условий создан сегментный затвор-автомат с водосливным вырезом, поплавкового типа¹, работающего на принципе постоянства переливающегося слоя воды, с донным сбросом излишков по транзиту.

Представляет собой (рис. 3) сегментный затвор с прямоугольным водосливным вырезом 2, в верхней части полотнища затвора 1, соединенным посредством опорных ног 5 с боковыми устоями при помощи опорных подшипников 6. На полотнище затвора, со стороны верхнего бьефа, жестко укреплены поплавки 4. Регулирование расхода осуществляется изменением ширины водосливного выреза боковыми шторками. Затвор-автомат размещается в специальном лотке 8, который со стороны нижнего бьефа разделен на верхний лоток отвода 9 и донную галерею 10. Отметки дна верхнего лотка и донной галереи назначаются из условия обеспечения свободного перелива через водослив в отвод. Для предотвращения попадания воды в отвод, за счет бокового обтекания затвора, в верхнем лотке, перед полотнищем затвора со стороны нижнего бьефа, выполняются две Г-образные защитные стенки 7 по очертанию обшивки. Для уменьшения емкости поплавков затвор может быть выполнен с контргрузом. При этом поплавки могут быть вынесены в специальную камеру (рис. 4).

Для каналов с обеспеченным командным горизонтом воды рекомендуется вариант автомата (рис. 4), работающего на этом же принципе. Автомат устраивается на отводе. Для

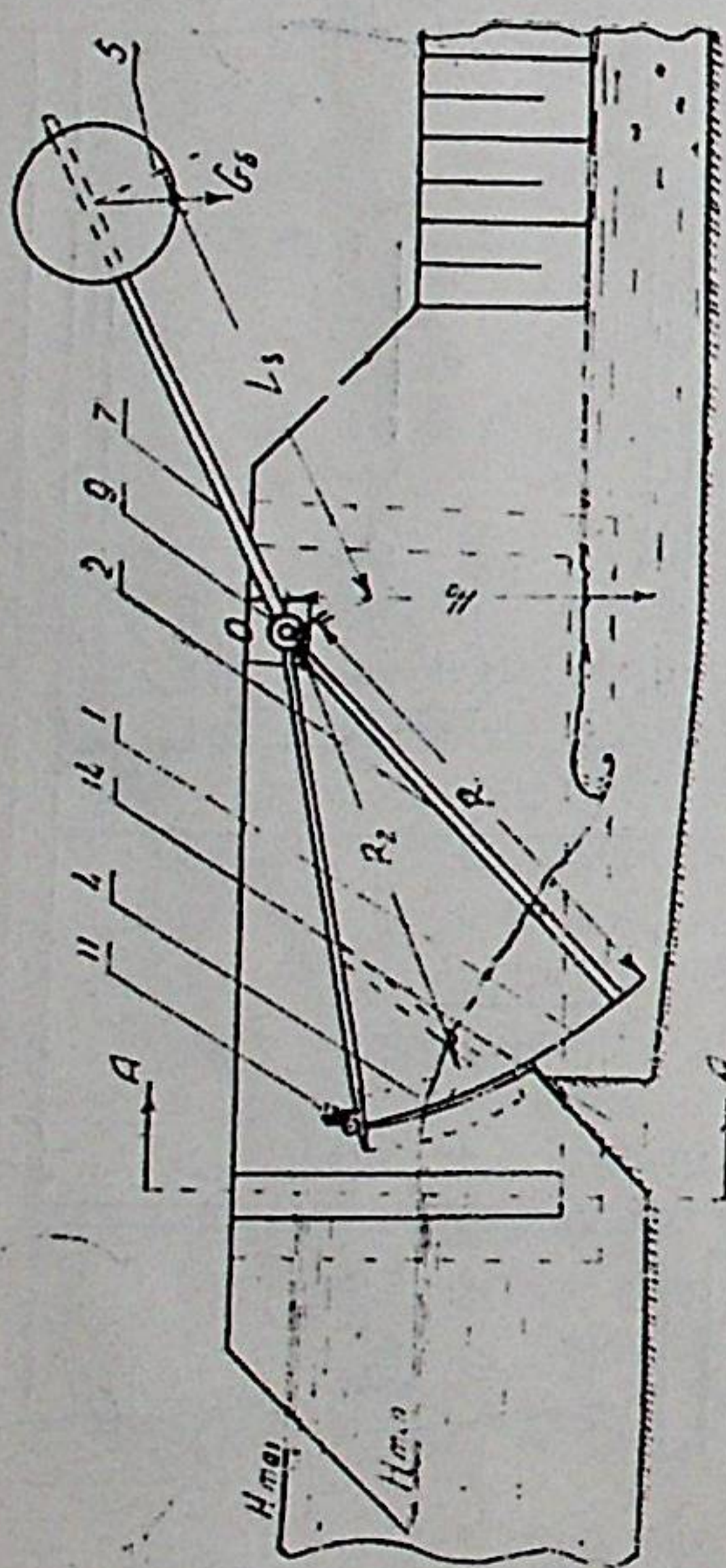
¹ Авторское свидетельство № 118764.



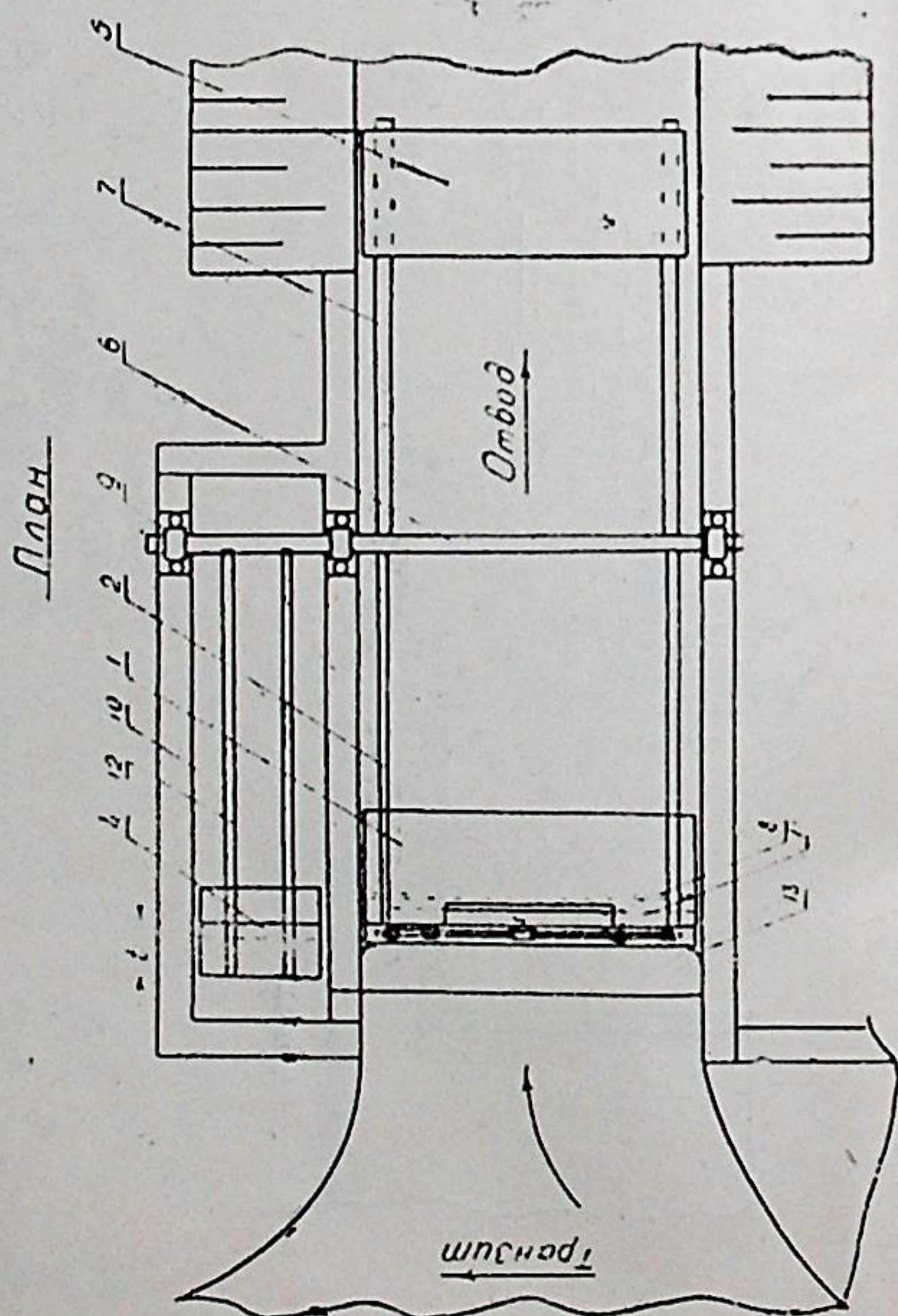


Разрез по А-А

- 1 Полотнище затвора
- 2 Опорные ноги
- 3 Шторчатый затвор
- 4 Поплавок
- 5 Балансир
- 6 Опорная ось
- 7 Консоли опорных ног
- 8 Водосливный вырез
- 9 Опорные подшипники
- 10 Камера для поплавка
- 11 Привод шторак
- 12 Опорные ноги поплавка
- 13 Уплотнения
- 14 Порог



Продольный разрез



План

Рис. 4.

предотвращения фильтрационных потерь в этом автомате устраиваются уплотнения в виде резиновых пластин, наклепанных на боковых стенках и кромке порога по периметру полотна затвора.

Основное расчетное уравнение варианта без противовеса имеет окончательный вид

$$\Sigma M_0 = \gamma b_1 (\sin \alpha_0 - \sin \alpha_1) \frac{R_1^3 - R_2^3}{3} - GL \cos \alpha = 0 \quad (13)$$

При наличии противовеса, в уравнение (14) войдет момент веса балансира $M_6 = G_6 L_3 \cos \alpha_3$. (рис. 4). В уравнении (14) отсутствует момент от сил трения, которым пренебрегаем ввиду его незначительности.

Как уже указывалось выше, постоянство расхода отвода основано на постоянстве переливающегося слоя воды через водослив $h_в = \text{const}$. Напор $h_в$ выразится в виде (рис. 3).

$$h_в = R (\sin \alpha_2 - \sin \alpha_1) \quad (14)$$

Подставляя значение $\sin \alpha$, из вышеприведенного уравнения моментов получим

$$h_в = R_1 (\sin \alpha_2 - \sin \alpha_0 + \frac{3GL \cos \alpha}{(R_1^3 - R_2^3) \gamma b_1}) = \text{const} \quad (15)$$

- где: G — вес движущихся частей затвора,
 L — расстояние от центра тяжести движущихся частей затвора к до оси O (рис. 3),
 α — угол наклона к горизонту линии $k-O$,
 α_0 — угол наклона к горизонту линии $d-O$,
 α_1 — угол наклона к горизонту линии d_1-O ,
 α_2 — угол наклона к горизонту линии, соединяющей ребро водослива с осью O ,
 R_1 — радиус очертания обшивки затвора,
 R_2 — радиус очертания напорной грани поплавков,
 b_1 — суммарная ширина поплавков.

Как показал теоретический анализ полученной формулы, напор $h_в$ с открытием затвора несколько увеличивается. Это увеличение в рабочем диапазоне автомата при применении на каналах предгорной зоны (поворот затвора в пределах $10-25^\circ$) не превышает величины $5-6\%$ от $h_{в, \text{ср}}$. Изменение напора $h_в$ само по себе вызовет изменение расхода отвода. При этом следует заметить, что расход воды, пропускаемой водосливом, будет зависеть также от гидравлических факторов (наклона водослива к вертикали, скорости подхода и др.). Для количественной и качественной оценки влияния

указанных факторов на расход водослива, приведены специальные исследования этого затвора.

Расчет автомата сводится к определению размеров затвора и поплавков по вышеприведенным уравнениям и расчетным зависимостям, полученным в результате лабораторных исследований.

II. Лабораторные исследования

Исходя из вышеизложенного, к исследованию были намечены вопросы:

1. Способность автомата обеспечить постоянный расход воды в отводе при различных расходах в транзите;

2. Характеристика коэффициента расхода при истечении через водослив при изменении: ширины водосливного выреза и напора над водосливом;

3. Влияние уклона дна подходного участка канала на величину коэффициента расхода водослива;

4. Характеристика коэффициента расхода при истечении из-под затвора в транзит.

На этой основе дать расчетные зависимости и рекомендации для практического использования.

Все исследования проведены на модели масштаба 1:5. Всего проведено около 100 опытов. Проведенные исследования показали, что:

1. При изменении ширины водосливного выреза, коэффициент расхода водослива останется практически постоянным. Так средняя квадратичная ошибка коэффициента расхода

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{\sum \Delta^2}{n-1}} \frac{100}{m_{в.ср}} = 4,48\%, \quad (16)$$

где: Δ — отклонение опытных величин коэффициентов расходов $m_{в}$ от среднего арифметического значения $m_{в.ср}$,
 n — количество опытов.

2. Расход водослива, при данном значении ширины водосливного выреза, при изменении расхода в верхнем бьефе, остается величиной практически постоянной. Средняя квадратичная ошибка в расходе отвода, при исследовании на различных значениях ширины водосливного выреза $\sigma_Q = 1,17-4,25\%$, что менее допустимых, в практике эксплуатации, пределов (5—6%).

3. Напор над водосливом в работе автомата претерпевает незначительные изменения (не более $\pm 5\%$ от $h_{в.ср}$).

4. Изменение ширины водослива с 20 до 5 см дает измене-

ние расхода в 3,5—4 раза, что соответствует диапазону колебания расхода воды в отводе в производственных условиях.

5. С изменением напора над водосливом, коэффициент расхода изменяется по зависимости, которая получена в результате исследований и имеет вид

$$m_{вф} = A + 1,17 \left(0,45 - \frac{h_{в}}{b} \right)^2, \quad (17)$$

где: A — коэффициент зависящий от уклона, при $i=0$, $A=0,43$, при $i=0,03$ $A=0,456$.

Коэффициенты расхода водослива, вычисленные по приведенной формуле дают хорошее совпадение с опытными данными.

Методика расчета

В результате теоретических проработок и лабораторных исследований получены расчетные зависимости и разработана методика гидравлического расчета, которая сводится к определению:

1. Ширины водосливного выреза, последняя находится по формуле

$$b = \frac{Q}{m_{вф} h_{в} \sqrt{2gh_{в}}} \quad (18)$$

2. Ширины полотнища затвора, определяемой по зависимости

$$2b \langle B \rangle = \frac{Q_{от}}{0,72 H_0^{3/2}} \quad (19)$$

3. Высоты затвора, которая принимается

$$h_3 \geq 3h_{в. макс} \quad (20)$$

4. Длины тяг, принимаемой конструктивно

$$L_T = 1,5h_3 \quad (21)$$

5. Высоты расположения опорных подшипников

$$H_0 = 1,5h_3 \quad (22)$$

Зная параметры и вес затвора (определенный в результате статического расчета) рассчитываются поплавок.

Суммарная ширина поплавков задается конструктивно $b_1 = b$. Нижняя грань поплавков (при расположении их на полотнище

затвора) располагается по высоте $y \geq 0,3 h_3$ от нижней кромки полотнища затвора. Толщина поплавков определяется из уравнения (16) при заданном h_b .

В автомате без донного сброса, высота порога принимается

$$h_n = H_{\max} - H_{\min} \quad (24)$$

В вышеприведенных формулах и зависимостях 19+24 имеем:

Q_b — расход водослива в м³/сек (принимается максимальным),

$Q_{др}$ — расход донной галлерей в м³/сек (принимается максимальным),

H_{\max} — максимальный напор в верхнем бьефе в м,

H_{\min} — минимальный напор в верхнем бьефе в м.

Выводы и рекомендации по затвору-автомату $Q = \text{const}$

1. На основании разработок и исследований рекомендуется два варианта сегментного затвора-автомата поплавкового типа с прямоугольным водосливным вырезом и шторчатым регулятором расхода отвода. Применение их позволит автоматизировать работу водовыпусков.

2. Автоматы расхода обеспечивают постоянство во времени заданного расхода воды в отвод.

3. Дают возможность регулирования расхода отвода в необходимом диапазоне (4—6 раз).

4. При помощи автомата, устанавливаемого на транзите, одновременно создается необходимый напор перед затвором, забор заданного расхода воды в отвод из осветленных горизонтов, сброс излишков по транзиту. В силу свободного истечения в донную галерею, а, следовательно, наличия больших скоростей, обеспечивают гидравлическую промывку наносов, подходящих к затвору.

5. Имеют устойчивый режим работы.

6. Имеют достаточную точность работы $\pm 5\%$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе анализа оросительных систем предгорной зоны, существующих и предложенных конструкций автоматов, а также перспектив развития автоматизации работы гидротехнических сооружений, путем теоретических проработок и экспериментальных исследований, нами разработаны и рекомендуются ряд конструкций гидравлических затворов-автоматов для автоматизации работы гидротехнических сооружений:

I. Для автоматического поддержания $h_p = \text{const}$ в верхнем бьефе гидротехнических сооружений;

1. Плоский клапанный затвор-автомат.

2. Сегментный клапанный затвор-автомат.

II. Для автоматической подачи $Q = \text{const}$ в отвод:

1. Сегментный поплавковый затвор-автомат с водосливным вырезом и с донным сбросом (устанавливаемый на транзите).

2. То же, при установке на отводе (донный сброс отсутствует).

Названные конструкции Комитетом по делам изобретений и открытий при Совете Министров СССР признаны изобретениями и выданы авторские свидетельства:

а) на автоматы горизонта № 110691;

б) на автоматы расхода № 118764

и переданы для внедрения через МСХ СССР. Автоматы горизонта МВХ Кирг. ССР приняты к осуществлению. Указанные конструкции входят в типовые проекты для сбросных сооружений, разрабатываемые Гипроводхозом МСХ СССР. Расчетная записка по проектированию затворов-автоматов передана в МВХ Кирг. ССР, Гипроводхоз МСХ СССР, МВХ УзССР, Средазгипроводхлоп, Узгипросельэлектро. К настоящему времени, совместно с автором, разработан типовой проект сегментного клапанного затвора-автомата в Средазгипроводхлопке. В Киргизгипроводхозе, разработан проект затвора-автомата на Р-7 из западного БЧК.

Внедрение автоматов позволит, наряду с техническим совершенствованием водораспределения, сократить и облегчить физический труд человека, а также и это самое главное, видоизменить характер самого труда и его качество.

Внедрение автоматов дает наряду с техническим совершенствованием процесса производства, большую экономию средств идущих на эксплуатацию, на содержание больших штатов объездчиков, наблюдателей, регулировщиков и др.

Опубликованная литература по теме диссертации

1. Бочкарев Я. В. Клапанные затворы-автоматы для поддержания постоянного горизонта воды в верхнем бьефе гидротехнических сооружений. «Труды КиргСХИ», вып. 10, Фрунзе, 1958 г.

2. Бочкарев Я. В. Исследования и расчет клапанных вододействующих затворов-автоматов для поддержания постоянного горизонта воды в верхнем бьефе гидротехнических сооружений. «Труды САНИИРИ», вып. 104, Ташкент, 1959 г.

3. Бочкарев Я. В. Разработка и исследования затворов-автоматов постоянного расхода. «Труды САНИИРИ», вып. 104, Ташкент, 1959 г.

4. Бочкарев Я. В. Вододействующий клапанный затвор-автомат для поддержания постоянного горизонта воды в верхнем бьефе гидротехнических сооружений. Описание изобретения к авторскому свидетельству № 110691.

5. Бочкарев Я. В. Вододействующий затвор-автомат для ирригационных каналов с отводами. Описание изобретения к авторскому свидетельству № 118764.

Д—06310

Сдано в набор 18/II 1960 г. Подписано в печать 26/II 1960 г.

Формат бумаги 60×92¹/₁₆. Объем 1,5 п. л.

Тираж 175

Заказ 545/1.

г. Фрунзе, тип. АН Кирг. ССР