МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ
И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР
ГЛАВСРЕДАЗИРСОВХОЗСТРОЙ
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО
ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ
„СРЕДАЗГИПРОВОДХЛОПОК"
имени А. А. САРКИСОВА

626.8
С-75

ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

ВЫПУСК 4

ТАШКЕНТ 1973

626.8
С-75

Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР
ГЛАВСРЕДАЗИРСОВХОЗСТРОЙ
Ордена Трудового Красного Знамени институт
«СРЕДАЗГИПРОВОДХЛОПОК» им. А.А.САРКИСОВА

S 2419

ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Сборник научных трудов

Выпуск 4

Научно-техническая САНИИРИ БИБЛИОТЕКА

Ташкент 1973

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

В.И.АНТОНОВ, Н.М.АЛАВНЕВ, Ф.А.АБУТАЛИЕВ,
А.П.ВОРОНОВ, Л.С.ЛИТВАК, А.Р.МАНСУРОВ,
Ф.Ш.МУХАМЕДЖАНОВ, Б.Я.НЕЙМАН, Э.Л.ОКУЛИЧ-
КОЗАРИН (ответственный за выпуск), Г.Н.ПАВЛОВ,
А.В.ПЕТРОВ, А.К.ПУЖКО, Л.А.ФРИМЕРМАН,
В.Р.ШРЕДЕР, Ф.Я.ЭЙНГОРН.

По плану 1972 г.

© Институт "Средазгипроводхлопок", 1973.

УДК 62-53(083.9):626/627

А.Р.МАНСУРОВ, нач.отдела
(Средазгипроводхлопок)

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ АВТОРЕГУЛИРОВАНИЯ НА ИРРИГАЦИОННЫХ ОБЪЕКТАХ

Ирригационные каналы и водорегулирующие сооружения на них как объекты автоматического регулирования водоподачи и водораспределения характеризуются значительной по величине продолжительностью переходного процесса регулирования и нелинейностью взаимозависимых параметров. Кроме того, характер автоматического регулирования для каждого из эксплуатационных режимов ирригационной системы (режим пропуска нормальных и форсированных расходов и режим работы при аварийной ситуации – прорыв дамб, частичное повреждение гидротехнического сооружения или оборудования и т.п.), как правило, должен быть разным.

Ниже приводится краткое описание нескольких приемов проектирования систем автоматического регулирования (САР), позволяющих получить САР с улучшенными эксплуатационными характеристиками благодаря учету некоторых особенностей ирригационной системы.

Рассмотрим САР уровней воды верхнего и нижнего бьефов, а также смешанного регулирования [1].

Регулирование уровня воды верхнего бьефа применяется на сбросных или перегораживающих сооружениях ирригационных систем, где водораспределение осуществляется "по верхнему бьефу". Наибольшую опасность представляет подъем уровня воды верхнего бьефа выше максимальных допустимых отметок, и поэтому САР должна обладать достаточным быстродействием на открытие затворов при увеличении подходящих к нему расходов.

Регулирование уровня нижнего бьефа используется на водовыпусках для стабилизации расхода, если соблюдается однозначная зависимость расхода от уровня нижнего бьефа, или на перегораживающих сооружениях, где водораспределение осуществляется "по нижнему бьефу".

В этих случаях опасно переполнение нижнего бьефа, и потому САР должна обеспечивать достаточное быстродействие на закрытие затворов сооружения в периоды, когда на регулируемый участок канала воды поступает больше, чем из него разбирается водопотребителями.

Смешанное регулирование уровней верхнего и нижнего бьефов применяется на перегораживающих сооружениях ирригационных систем с каскадным авторегулированием и заключается в том, что в нормальном режиме САР стабилизирует уровень воды нижнего бьефа, а при сверхрасчетных возмущениях в канале переходит на временную стабилизацию уровня верхнего бьефа на отметках не ниже минимальной или не выше максимальной допустимой. Очевидно, в этом случае требования к быстродействию САР аналогичны САР уровня воды верхнего бьефа.

Таким образом, одна из особенностей вышеперечисленных САР уровней воды состоит в том, что они должны обладать повышенным быстродействием в каком-либо одном из направлений перемещения затворов, которое, очевидно, следует обеспечивать с определенным запасом, в зависимости от режимов работы и значимости сооружения [2]. Так, например, расчет на быстродействие релейно-импульсной САР в аварийном режиме проводится на основании неравенства:

$$V_s^{\Phi} = \frac{T_H V_s}{T_4} > K_A V_s^A, \qquad (1)$$

где $T_ц$ – длительность одного цикла регулирования;
$T_и$ – длительность импульса регулирования;
V_s – техническая скорость перемещения затвора;
V_s^A – средняя скорость перемещения затвора, необходимая при аварийной ситуации на объекте;

K_A – коэффициент запаса быстродействия, принимаемый по рекомендациям [2] в пределах 2 ÷ 8;

$V_s^{ср}$ – средняя скорость перемещения затвора за цикл регулирования.

Для релейно-импульсной САР характерно, что при стремлении обеспечить высокую точность регулирования уровня необходимо соответственно уменьшать длительность регулирующего импульса $T_и$ или техническую скорость перемещения затвора V_s, а это часто приводит к тому, что при полученных по расчету из условия обеспечения высокой точности регулирования значениях $T_и$ и $V_s^{ср}$ не выполняется условие неравенства (1).

Один из приемов преодоления вышеописанного противоречия – использование асимметричных по длительности регулирующих импульсов или, в общем случае, разных средних скоростей перемещения затвора за цикл регулирования, в зависимости от знака отклонения регулируемого параметра. Так, например, в релейно-импульсной САР уровня воды верхнего бьефа с устройством "Протос" [3,3], блок-схема которой изображена на рис.1, а выходные электрические цепи – на рис.2, длительность импульса $T_и$ на опускание затвора определена по обычному расчету, исходя из требований заданной точности регулирования, а длительность импульса $T_и^A$ на подъем затвора определена из условия выполнения неравенства (1), по величине гораздо больше $T_и$. Длительность $T_и$ формируется благодаря разнице во времени срабатывания контактов П и Ш, а длительность $T_и^A$ – контактов П и У (или У1) реле РВИ. Элементы 1к и 2к расположены в датчиках коррекции длительности импульсов на опускание и подъем затвора и предназначены для автоматического

учета нелинейностей объекта регулирования [2].
Вследствие асимметрии длительностей импульсов регулирующее воздействие САР за один цикл регулирования на подъем затвора (dx_{pA}) превышает воздействие САР на опускание затвора (dx_p).

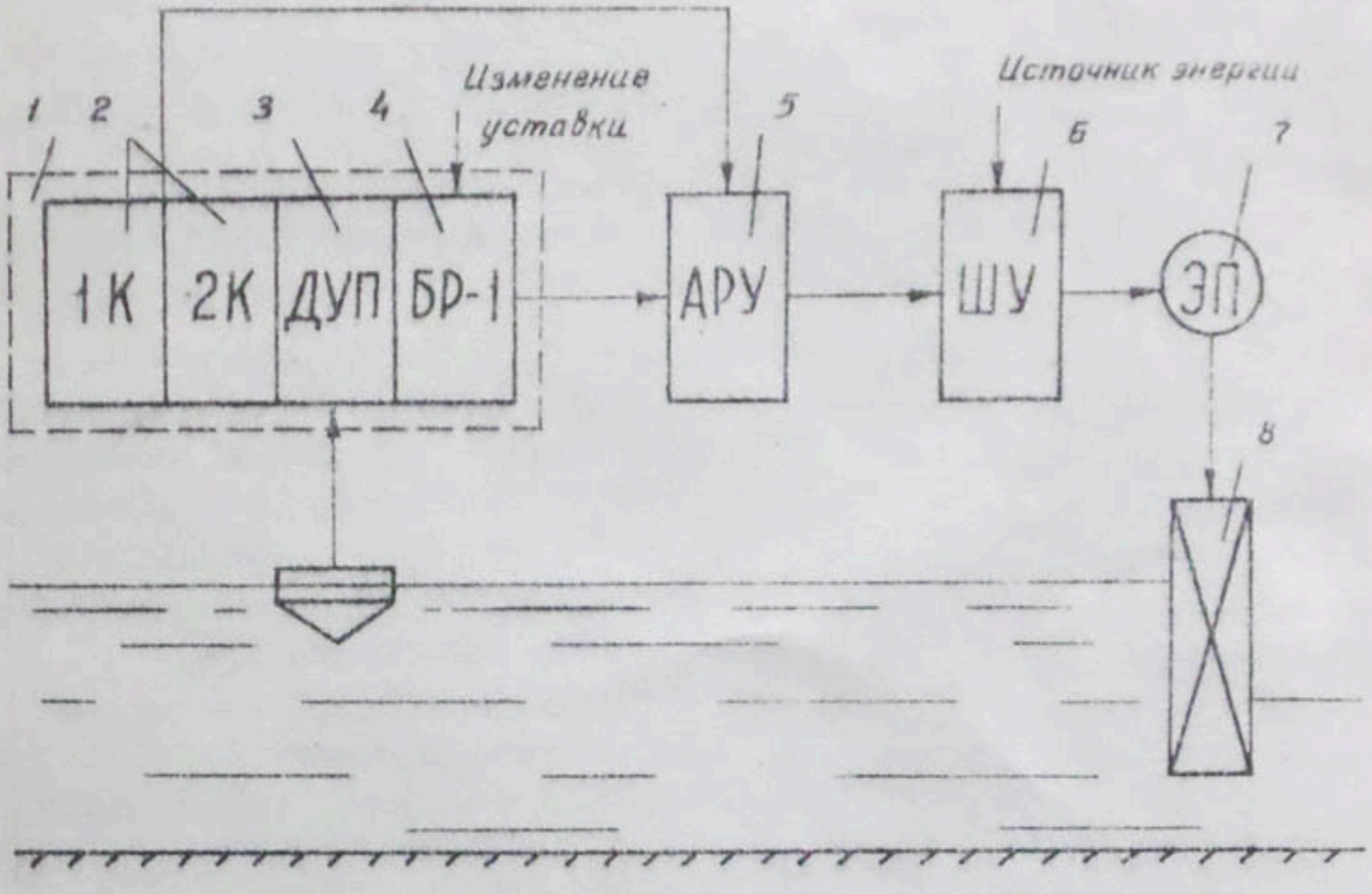
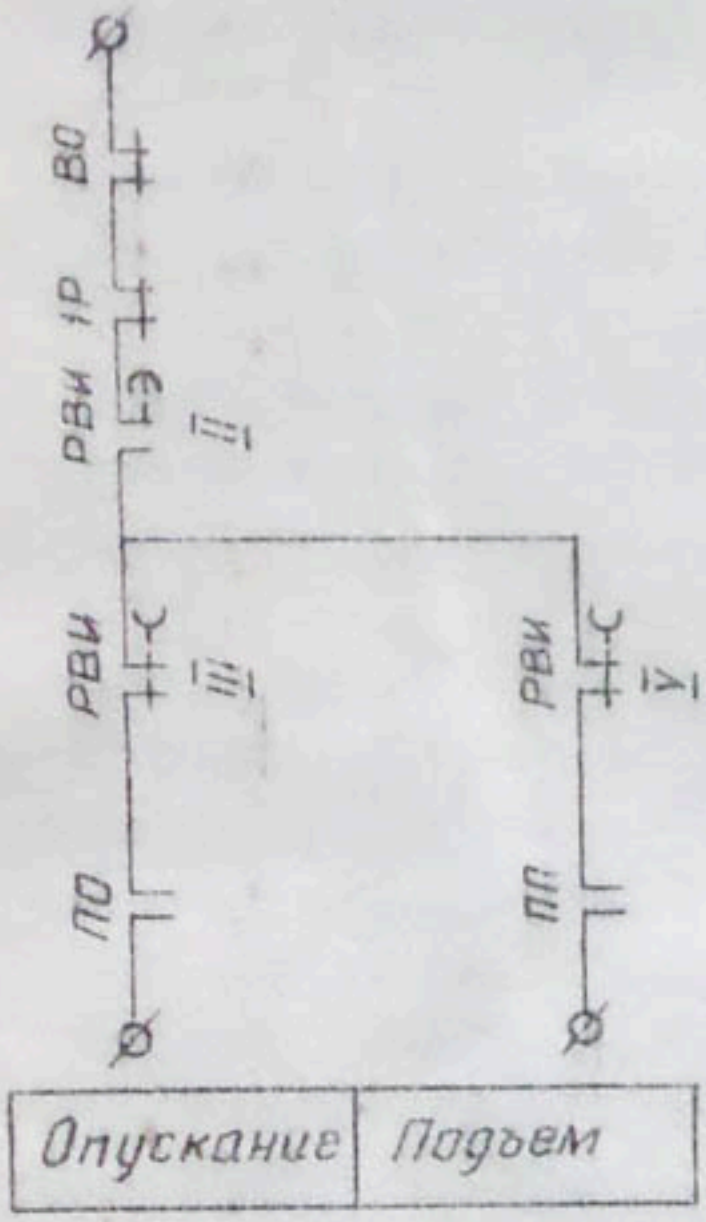


Рис.1. Блок-схема САР уровня воды верхнего бьефа: 1 - система приборов типа "Баку-1"; 2 - датчики сигнализации и коррекции; 3 - датчик телеизмерения уровня воды; 4 - датчик авторегулятора уровня воды; 5 - авторегулятор уровня воды типа "Протос"; 6 - станция управления и защиты; 7 - электроподъемник; 8 - затвор.



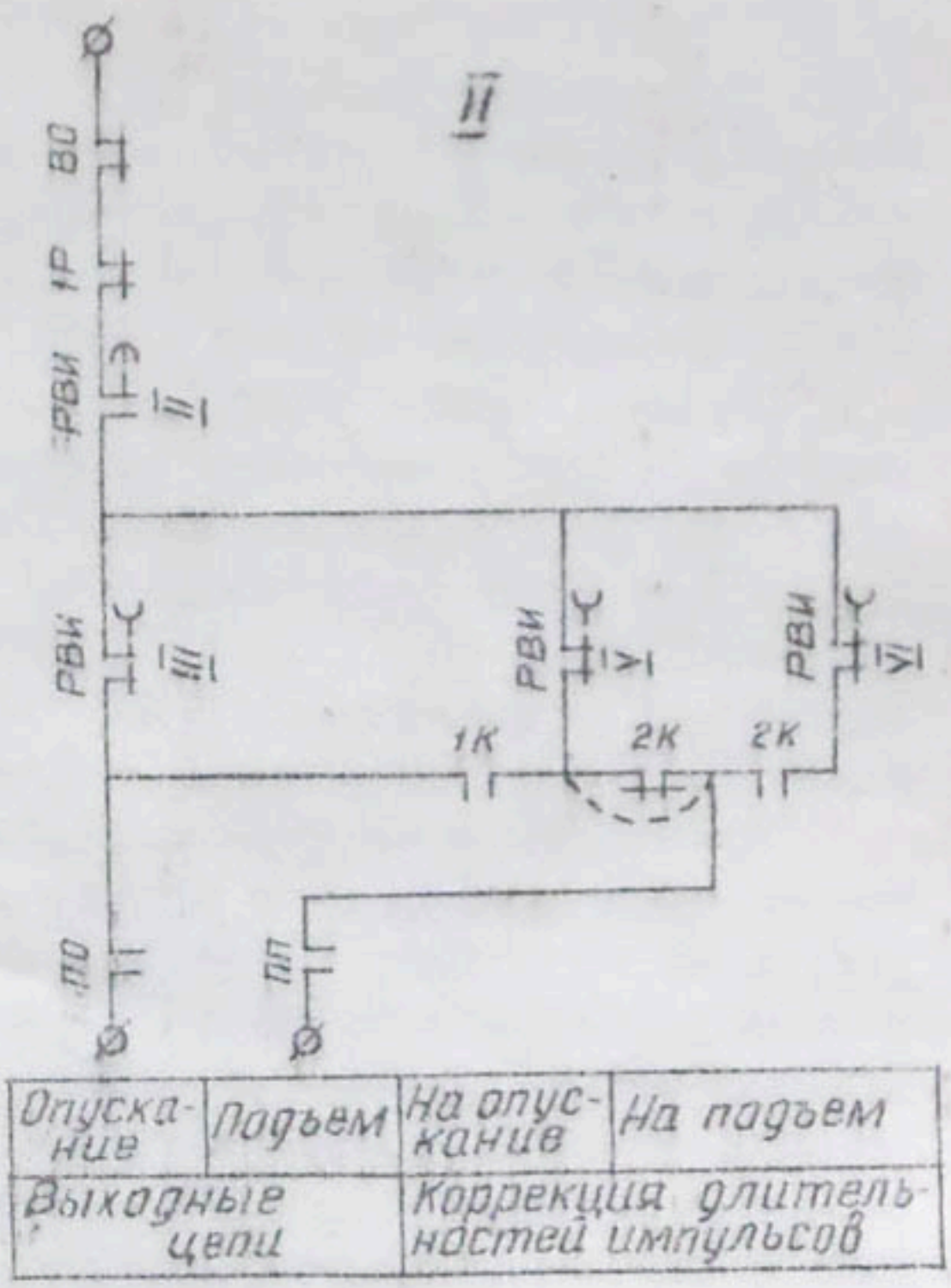


Рис.2. Электрическая схема выходных цепей "Протоса": I– с асимметричным регулированием; II– с асимметричным регулированием с коррекцией длительностей импульсов.

Графики переходных процессов такой САР в аварийном и нормальном режиме при отклонении уровня воды от заданного в бо́льшую сторону изображены на рис.3, где влияние запаздывания объекта регулирования условно не показано. Из графиков видно, что САР обладает достаточным быстродействием, не позволяющим максимальному динамическому отклонению регулируемого параметра $+\Delta_g$ превысить допустимые максимальные пре-

делы, и в то же время, при некотором увеличении неопасного для данной САР динамического отклонения регулируемого параметра в меньшую сторону, - Δ_g обеспечивает необходимую точность (статическую ошибку Δ_c) регулирования. При этом, как видно из схем (рис.2), требуется лишь несколько водоизменить коммутацию выходных цепей авторегулятора "Протос" и установить соответствующие значения выдержек времени срабатывания контактов реле РВИ.

Другой прием направлен на повышение надежности работы гидротехнических сооружений ирригационных систем при их комплексной автоматизации.

Один из распространенных вариантов комплексной автоматизации многопролетных водорегулирующих сооружений - "классический" [4], блок-схема которого изображена на рис.4 сплошными линиями.

В данном варианте управление затворами для поддержания необходимого уровня производится авторегулятором 2 по сигналам датчика 1 в соответствии с величиной уставки, заданной с помощью блока 8 изменения уставки, причем между авторегулятором и управляемыми им затворами 4 устанавливается блок 3 распределения команд авторегулирования, с помощью которого назначается оптимальная очередность управления затворами. Изменение уставки авторегулятора и контроль за регулируемым уровнем воды осуществляется из диспетчерского пункта, на котором обеспечивается получение измерения параметра и сигнализация его предельных значений. Прямое управление затворами из пункта управления отсутствует.

К достоинствам такой схемы автоматизации следует отнести сравнительную простоту телемеханизации и возможность нормальной автоматической работы сооружения в заданном ранее режиме при нарушениях в системе телемеханики. Однако схема не обеспечивает нормальной работы гидросооружения при неисправностях в датчике, авторегуляторе или блоке распределения импульсов, а они, как показывает практика, возникают довольно часто.

Естественно, на ответственных гидротехнических сооружениях, например головных водозаборных, перегораживающих и сбросных сооружениях магистральных каналов

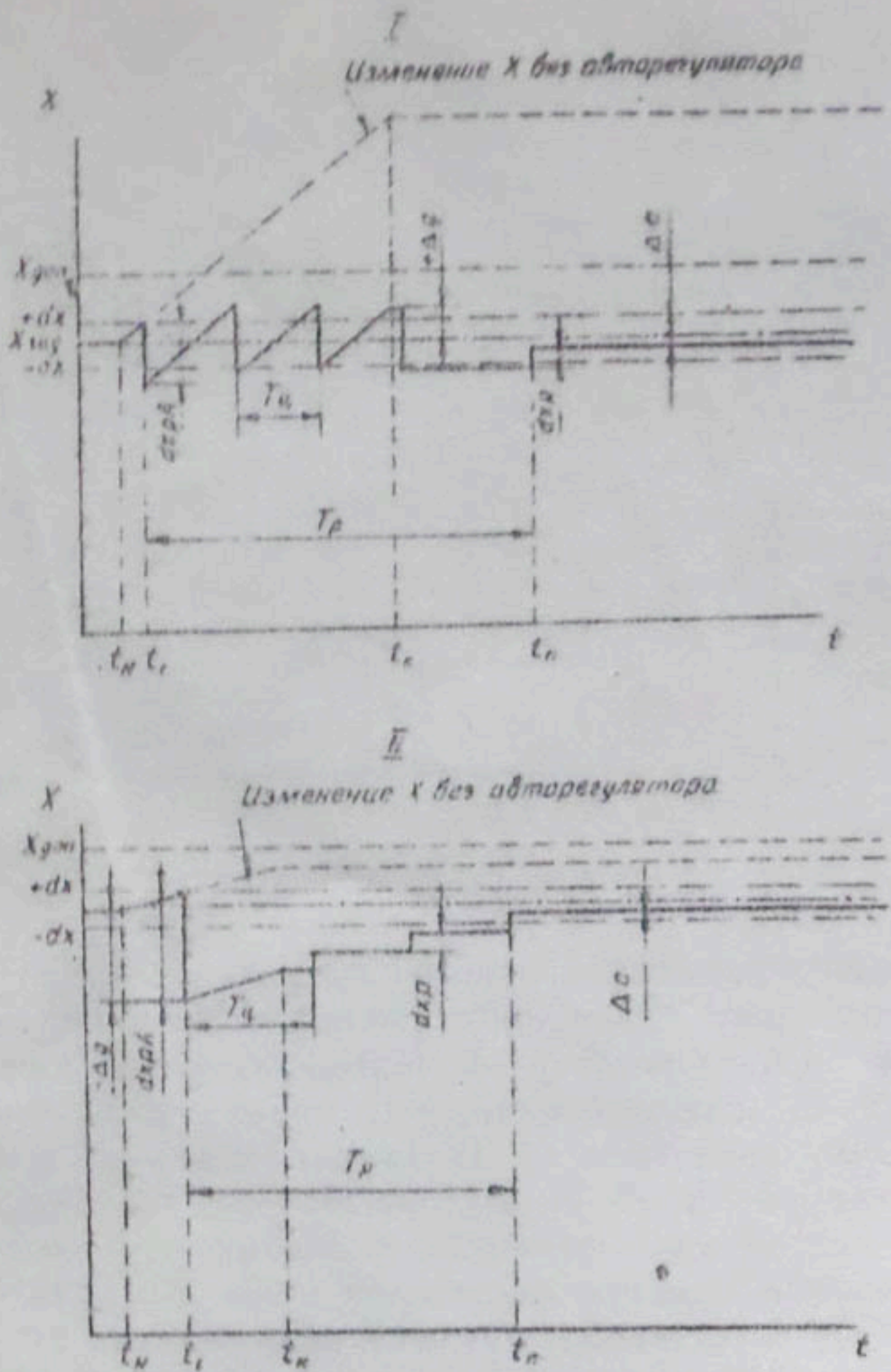


Рис.3. График переходного процесса САР:

I- в аварийном режиме; II - в нормальном режиме; X - регулируемый параметр; $\pm \alpha x$ - зона нечувствительности САР; $t_н$, $t_к$ - моменты начала и конца возмущения; $t_н$, $t_п$ - моменты начала и конца работы авторегулятора; $T_ц$ - длительность одного цикла регулирования; $T_р$ - длительность переходного процесса регулирования; $\alpha x р А$, $\alpha x р$ - регулирующее воздействие САР за один цикл регулирования соответственно на подъем и опускание затвора; $X_{доп}$ - максимально допустимое значение регулируемого параметра; $X_{зад}$ - заданное значение регулируемого параметра; $\Delta_с$ - статическая ошибка; $\Delta_д$ - динамическое отклонение.

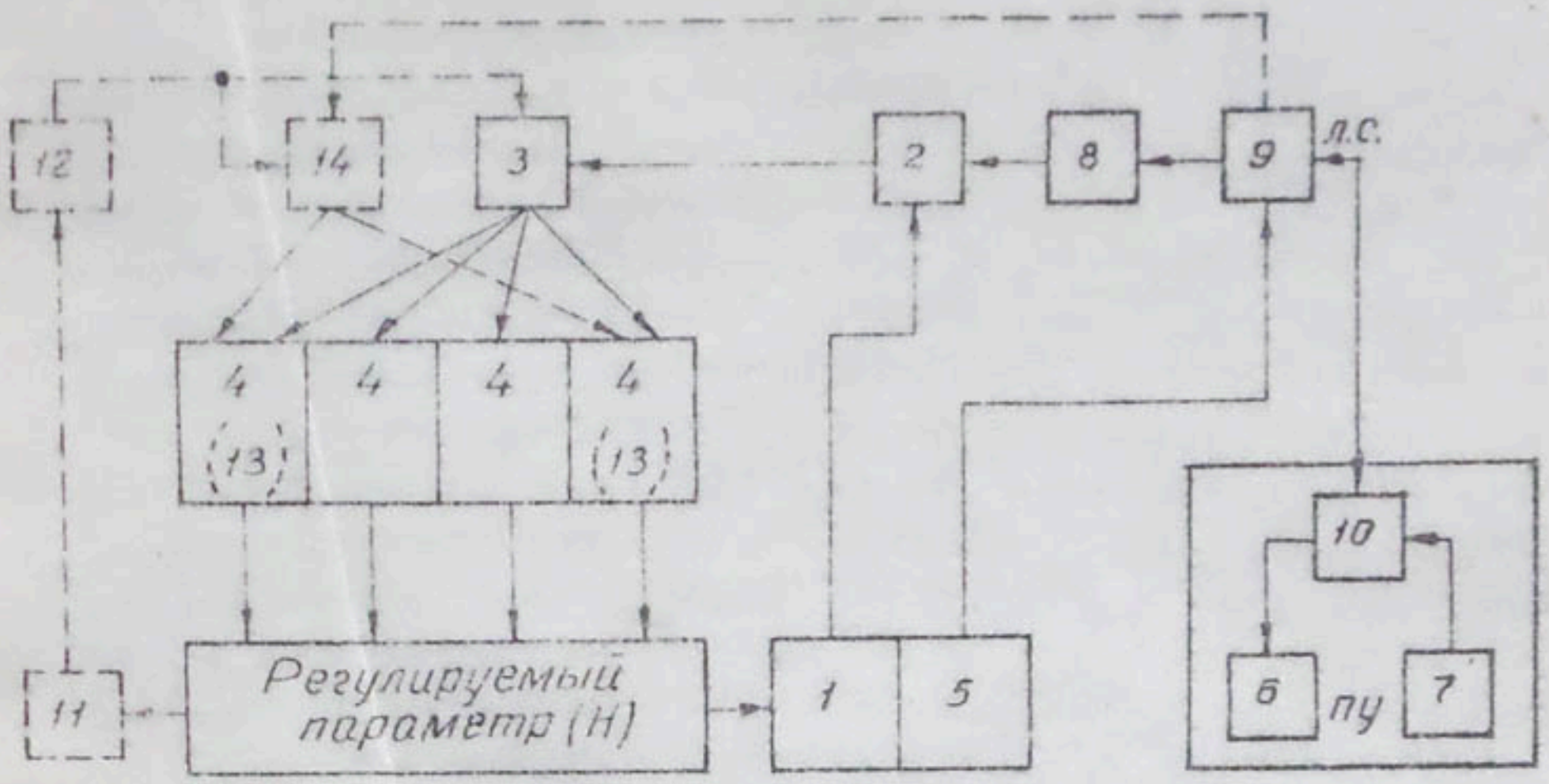


Рис.4. Блок-схема комплексной автотелемеханизации многопролетного гидротехнического сооружения: 1- датчик авторегулятора; 2- авторегулятор; 3-блок распределения команд авторегулирования; 4- группа затворов авторегулирования; 5- датчик системы телеизмерения и телесигнализации; 6- показывающее устройство измерения и сигнализации; 7- пульт управления; 8- блок изменения уставки авторегулятора; 9- полукомплект телемеханического устройства КП; 10- полукомплект телемеханического устройства ДП; 11- датчики предельно допустимых значений регулируемого параметра; 12- формирователь аварийных защитных команд; 13- группа затворов прямого телерегулирования; 14- блок распределения команд телерегулирования.

желательно сохранить в какой-то мере возможность автоматического или дистанционного управления на случай аварий в системе авторегулирования.

Для обеспечения бесперебойной эксплуатации сооружения, кроме обычной системы авторегулирования, необходимо создание дополнительной системы автоматической защиты по максимально допустимому, минимально допустимому или обоим предельно допустимым значениям регулируемого параметра, работоспособность которой не зависит от состояния основных элементов САР. В качестве таковой можно рекомендовать, например, систему, включающую дополнительные предельно простые по конструкции позиционные датчики 11 и формирователь защитных команд 12, которые временно отключают пришедшую в аварийное состояние систему авторегулирования и берут управление "на себя" до устранения неисправности в САР и приведения регулируемого параметра в норму. Эта система защиты показана на рис.4 пунктиром.

Примером дополнительной системы автоматической аварийной защиты гидротехнического сооружения от переполнения верхнего бьефа (с помощью средств гидроавтоматики), независимой от работы других элементов САР, выполняющих прямые технологические функции стабилизации заданных параметров, может служить "устройство для защиты от переполнения канала" в виде сдвоенного сифона, встроенного в затвор-гидроавтомат смешанного авторегулирования уровней воды [6].

Следует обратить внимание в этом свете на объекты (в частности насосные станции), где прекращение подачи электроэнергии вызывает нарушение технологии водораспределения и угрозу аварийного переполнения бьефов. На этих объектах предпочтительнее устройства защиты сооружений, использующие какой-либо другой источник или вид энергии. Так, на насосных станциях в качестве аварийных сбросных устройств можно рекомендовать сифоны, водосливы или затворы-гидроавтоматы.

По другому варианту комплексной автоматизации управление затворами многопролетного сооружения осуществляется комбинированно, что намного повышает вероятность его безаварийной работы. По этой схеме авто-

телемеханизации часть затворов подключается к САР, а часть – к системе прямого телерегулирования из пункта управления, как это показано пунктиром на рис.4. Работа элементов 1 ÷ 12 данной схемы аналогична вышеописанной. Затворы делятся на две группы: авторегулирования 4 и прямого телерегулирования 13 из пункта управления через блок 14 распределения команд телерегулирования, причем предусматривается возможность переключения, как правило, любого затвора из режима авторегулирования в режим телерегулирования и наоборот, а в простейшем случае (на двухпролетном сооружении) блоки 3 и 14 могут отсутствовать.

Очевидно, что "живучесть" сооружения с такой схемой повышается, так как при аварии в САР сохраняется возможность телерегулирования, а при нарушениях в системе телемеханики продолжают работать системы автоматического регулирования и автоматической защиты.

Представляется интересным еще один способ повышения "живучести" гидросооружений при комплексной автоматизации и телемеханизации, заключающийся в том, что при близком расположении нескольких гидросооружений можно обеспечить телерегулирование объектов одного сооружения разными КП системы телемеханики, как это представлено на схеме (см. рис.5, элементы автоматизации условно не обозначены). Выход из строя одного КП, очевидно, вызовет лишь частичную потерю работоспособности каждого из сооружений, так как другой КП продолжает функционировать.

Возможность реализации и целесообразность применения большинства из этих приемов были проверены при комплексной автоматизации и телемеханизации водорегулирующих сооружений Каттакурганского водохранилища в УзССР.

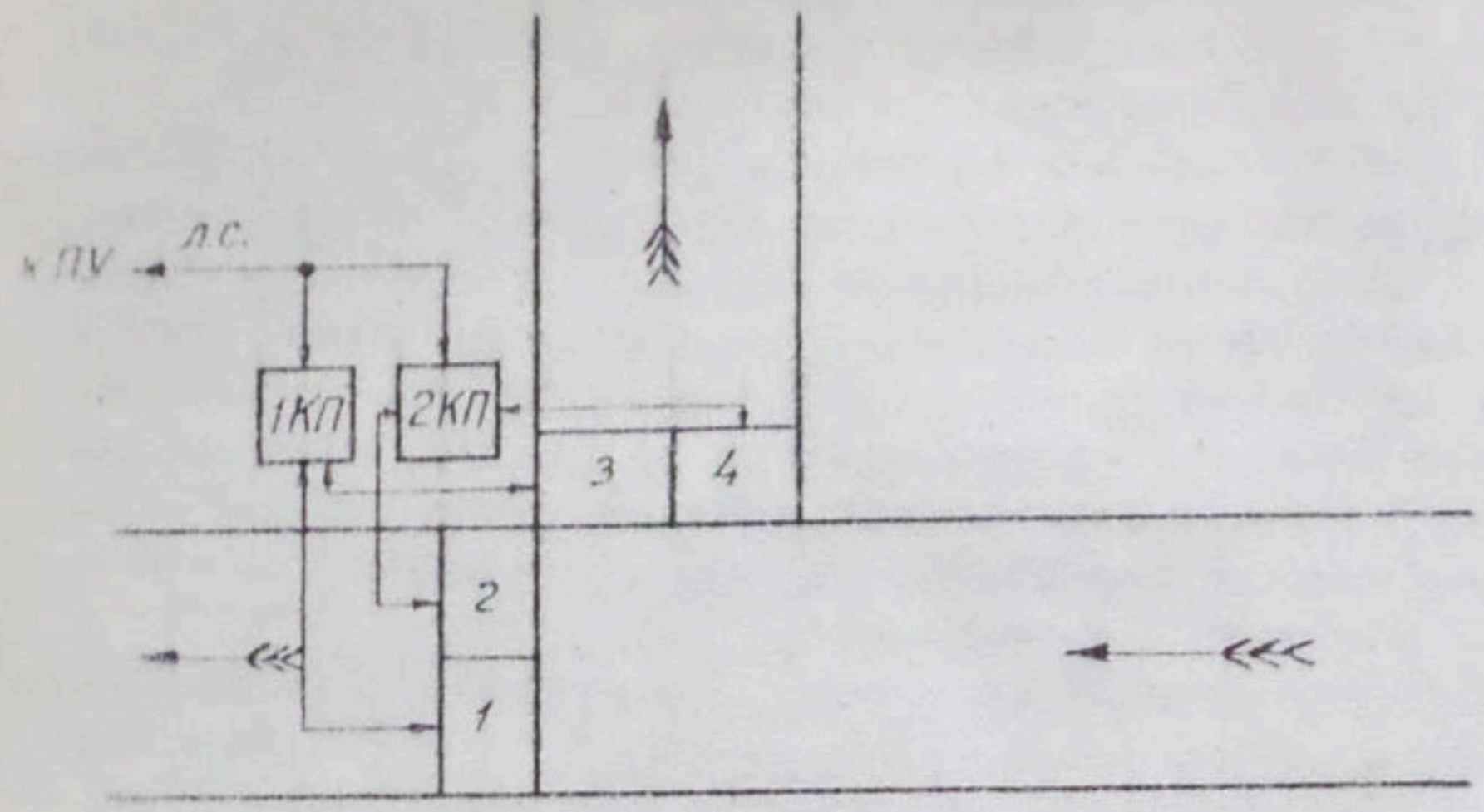


Рис.5. Схема телемеханизации узла гидротехнических сооружений:
1,2 – объекты регулирования первого сооружения;
3,4 – объекты регулирования второго сооружения ;
1 КП – полукомплект системы телемеханики, обслуживающий 1-й и 3-й объекты регулирования; 2 КП – полукомплект системы телемеханики, обслуживающий 2-й и 4-й объекты регулирования.

В ы в о д ы

Надежность и качество автоматического и телемеханического регулирования при комплексной автоматизации ирригационных систем и сооружений можно повысить путем применения в практике проектирования:

независимой системы автоматической аварийной защиты гидротехнического сооружения по предельным допустимым значениям регулируемых параметров;

асимметричного регулирования, при котором САР обеспечивает перемещение затворов в одну сторону из условий необходимого аварийного быстродействия, а в

другую – из условий необходимой точности регулирования;

подключения объектов телемеханического регулирования одного гидротехнического сооружения к разным полукомплектам КП системы телемеханики.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Автоматизация гидромелиоративных систем. Труды САНИИРИ, вып. 115. Ташкент, 1967.

2. А.Р.Мансуров. Расчет систем автоматического регулирования на оросительных каналах с применением устройства "Протос". Труды института "Средазгипроводхлопок", вып.2. Ташкент, 1971.

3. Устройство для автоматического регулирования уровня, перепада уровней или расхода воды на сооружениях гидромелиоративных систем "Протос". Регистрационный № 65648 от 16 января 1968 г. Госкомитета СССР по делам изобретений и открытий.

4. Я.В.Бочкарев, М.З.Ганкин, Е.Е.Овчаров. Основы автоматики и автоматизация производственных процессов в гидромелиорации. М., "Колос", 1969.

5. Э.Э.Маковский, В.В.Волчкова. Гидравлические регуляторы стабилизации уровней воды в системах каскадного регулирования. В сб."Каскадное регулирование на ирригационных объектах". Фрунзе, "Илим", 1970.

УДК 627.833.004.14

А.Р.МАНСУРОВ, нач.отдела,
В.К.АРХАНГЕЛЬСКИЙ, руковод. группы
(Средазгипроводхлопок)

ИЗ ОПЫТА ВНЕДРЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕГМЕНТНЫХ ВОДОДЕЙСТВУЮЩИХ ЗАТВОРОВ НА ЛЕВОЙ ВЕТКЕ ТАШКЕНТСКОГО КАНАЛА

Сегментные затворы на водорегулирующих сооружениях оросительных каналов во многих случаях легко могут быть приведены в действие с помощью энергии водного потока. С точки зрения автоматизации водораспределения, в этом - одно из их достоинств.

Для выявления перспективных конструкций вододействующих затворов-автоматов институт "Средазгипроводхлопок" совместно со СМУ Ташкентского водохранилища "Ташкентводстроя" и Управлением эксплуатации УГМК (реки Ахангаран) в 1970 - 1972 гг. провел эксперимент по внедрению на Левой ветке Ташкентского канала (ЛВТ) затворов-автоматов Э.Э.Пеплова в качестве автоматических регуляторов уровня воды верхнего бьефа на перегораживающих сооружениях.

ЛВТ - межхозяйственный канал (головной расход его 28 м^3/сек) с пятью одинаковыми по конструкции однопролетными перегораживающими сооружениями [1].

Одна из особенностей ЛВТ – наличие десяти сеяе-впусков и только одного сброса в верхнем бьефе последнего из перегораживающих сооружений на ПК 210, что требует повышенной надежности работы автоматизированных сооружений канала.

Проект [1] предусматривал установку гидроавтомата прямого действия. Однако опыт внедрения таковых на объектах Голодной степи показал, что они работают неточно и ненадежно. Поэтому вместо гидроавтомата прямого действия на перегораживающем сооружении ПК 122 ЛВТ в 1970 г. был смонтирован и налажен затвор с гидроусилителем Э.Э.Пеплова [2,3].

О конструкции и принципе действия такого затвора сообщалось [4], и потому мы рассмотрим только его особенности с точки зрения эксплуатационной надежности и точности регулирования заданного уровня воды.

Гидроусилитель представляет сообщающийся с верхним бьефом бак, в котором размещен поплавок, регулирующий с помощью сливного клапана количество воды в уравновешивающей вес затвора емкости, в зависимости от колебаний уровня воды в верхнем бьефе. Емкость соединена с гидроусилителем гибким шлангом.

Эксплуатация затвора показала, что:

1) точность поддержания заданного уровня воды довольно высокая и, как правило, динамические отклонения его не превышают ± 3 см при напоре на пороге 250 см;

2) затвор в основном работает в режиме незначительных слабозатухающих плавных автоколебаний с полным периодом от 15 до 90 минут, что вполне допустимо для нормальной эксплуатации каналов;

3) уставка регулируется изменением высоты расположения бака гидроусилителя. Бак весом около 0,5 т перемещается с помощью двух винтовых тяг, на которых он подвешен, что затрудняет использование такого способа при комплексной автоматизации, когда желательна смена уставки микроприводом с централизованным управлением из диспетчерского пункта, так как сооружения с гидроавтоматами, как правило, не снабжаются электроэнергией от сети;

4) при уставке 235 см (что на 15 см ниже нормального горизонта верхнего бьефа) момента от веса емкости с водой в зоне открытий затвора от 0 до 10° оказалось недостаточно (проектные и фактические размеры нижней части ее: 40x320x160 $см^3$, верхней – 110x280x160 $см^3$). Для обеспечения нормальной работы затвора в диапазоне уставок 260÷235 см пришлось загрузить в емкость балласт 0,8 т;

5) наблюдаемые максимальные колебания уровней воды в емкости, при которых затвор находился в неподвижном состоянии (вследствие заклинивания его плавающим мусором в пазах и из-за трения трущихся элементов системы), достигали 40 см, после чего затвор резко перемещался на 50–70 см и образовывал по каналу в обоих бьефах волну высотой 5–10 см, а затем в течение 2–5 минут приходил в среднее положение, что допустимо, но нежелательно при эксплуатации ирригационных каналов. Такое поведение системы затвора характерно для его начальных открытий до 10–15°, а при больших открытиях затвор находился в состоянии покоя, когда уровень в емкости колебался до ± 10 см от среднего.

Анализ элементов системы показал, что две последние из перечисленных особенностей обусловлены главным образом формой улитки и отсутствием учета сил гидродинамического подсоса затвора, которые оказывают наибольшее действие при малых открытиях.

Стремление повысить надежность затворов и упростить их эксплуатацию привело к разработке более совершенной конструкции /5/, которую, также в экспериментальном порядке, было решено перед широким внедрением смонтировать и опробовать на одном из перегораживающих сооружений, что и было сделано в 1971–1972 гг. на ПК 210 ЛВТ.

Схема затвора представлена на рис.1. Затвор находится в равновесии при условии $M_w + M_j = 0$, (1)

где M_w – момент на улитке 5 от веса емкости 4 с водой;

M_3 – момент на шкиве 7 от веса затвора, сил гидродинамического подсоса и от трения подвижных элементов.

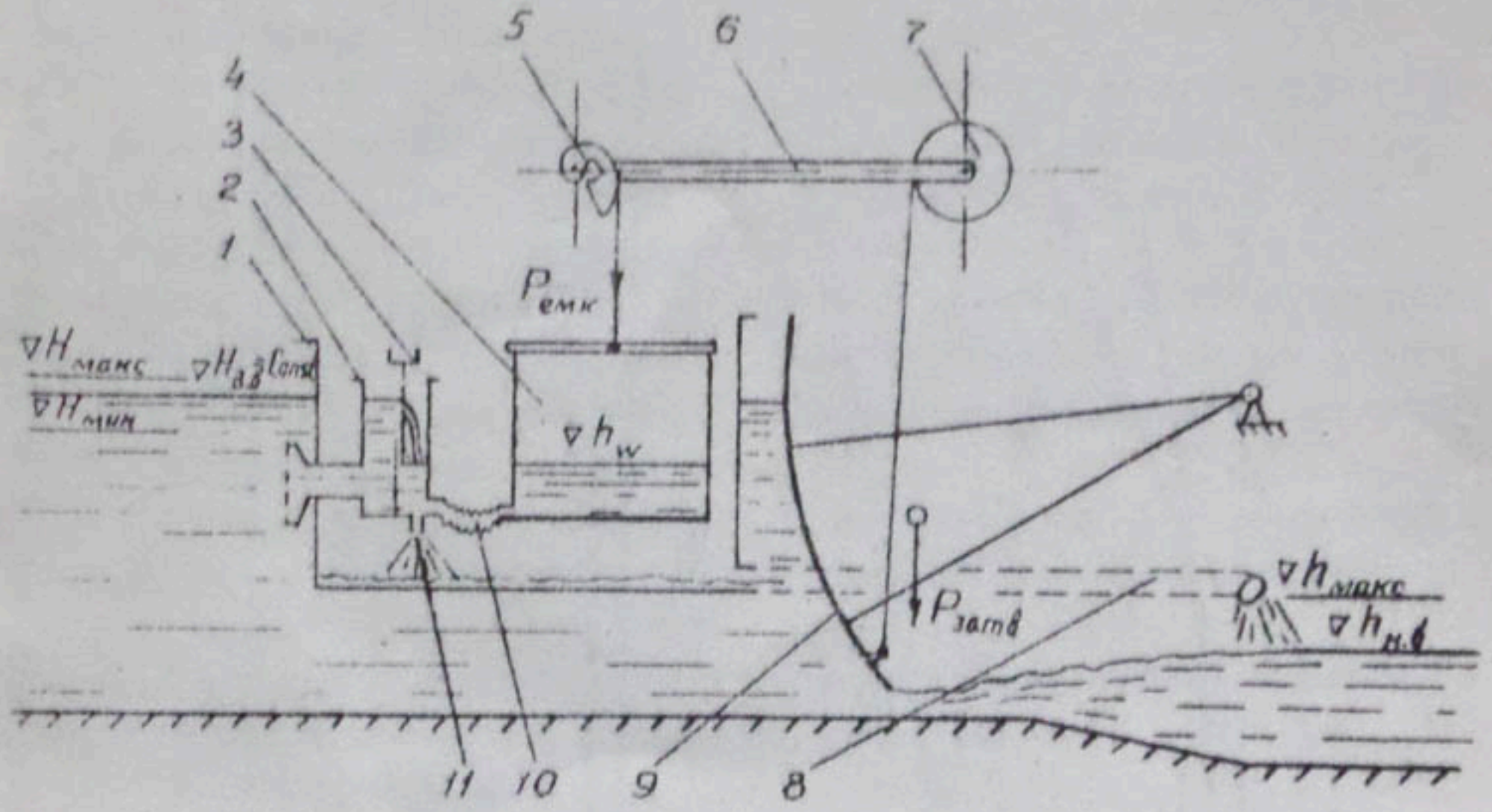


Рис.1. Схема сегментного затвора на ПК 210 Левой ветки Ташкентского канала:
1– выносной колодец; 2– гидроусилитель; 3– микропривод уставки; 4– пригрузочная емкость; 5– улитка; 6– соединительный вал; 7– шкив; 8– водоотвод; 9– затвор; 10 –соединительный шланг; 11– выпускное отверстие.

При этом уровень верхнего бьефа устанавливается на заданной отметке, а приток воды в низовую камеру гидроусилителя 2 через верх подвижного щитка, разделяющего гидроусилитель на две камеры, равен оттоку из гидроусилителя через отверстие 11 в выносной колодец 1, имеющий отвод в понижение местности или в нижний бьеф сооружения. Динамический уровень воды в низовой камере гидроусилителя и уровень в емкости, соединенной с гидроусилителем гибким шлангом 10, равны.

Научно-техническая САНИИРИ

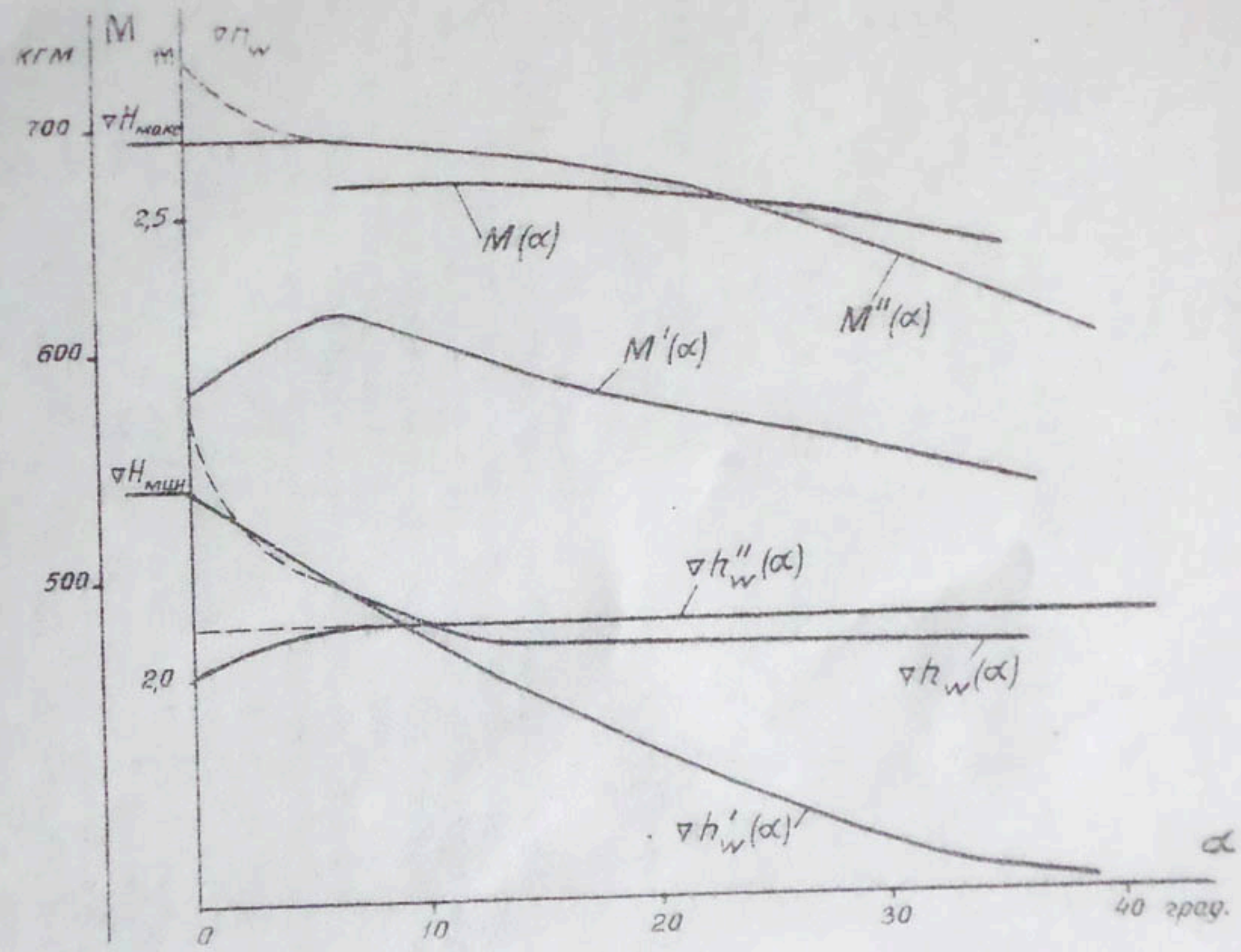


Рис.2. Графики зависимостей моментов и уровней воды емкостей от углов открытия затворов.

При повышении уровня верхнего бьефа приток воды в низовую камеру гидроусилителя увеличивается, что вызывает подъем динамического уровня в низовой камере и приток воды в емкость до тех пор, пока затвор 8 приоткроется и восстановит уровень в верхнем бьефе. Уменьшение же уровня верхнего бьефа вызывает частичное опорожнение емкости и прикрытие затвора.

Чтобы изменить уставку, достаточно переместить по высоте подвижной щиток гидроусилителя вручную или управляемым из диспетчерского пункта микроприводом 3 (требуемое усилие – несколько килограммов).

Для затвора на ПК 210 ЛВТ принята емкость больших размеров (150x320x180 $см^3$), чем с запасом обеспечена надежность работы затвора. Остальные элементы конструкции соответствуют проектным ПУ.

Результаты статических испытаний затворов с закачкой воды в емкость при опорожненном канале приведены в таблице.

Результаты испытаний в виде осредненных зависимостей от изменения открытия затвора (его угла α) даны на графиках рис.2.

где $M(\alpha)$ – график зависимости момента на валу 8 для затвора на ПК 122;

$M'(\alpha)$ – то же для ПК 210;

$M''(\alpha)$ – то же для рекомендуемого варианта затвора (см. ниже);

$\nabla h_w(\alpha)$ – график зависимости отметки уровня воды в емкости для затвора на ПК 122;

$\nabla h'_w(\alpha)$ – то же для ПК 210;

$\nabla h''_w(\alpha)$ – то же для рекомендуемого варианта затвора.

Наблюдения за работой затвора на ПК 210 в период вегетации 1972 г. показали:

1) погрешность и динамические характеристики затвора аналогичны погрешности и динамическим характеристикам затвора на ПК 122;

2) затвор работал надежнее затвора на ПК 122, так как запас моментов от веса емкости с водой позволял преодолевать все возникавшие заклинивания затвора в пазах плавающим мусором при уставках уровней 230÷250 см;

3) при открытиях затвора на угол более 10^{0} эти моменты на улитке, аналогичной улитке затвора ПК 122, оказались с чрезмерно большим запасом;

4) гидроусилитель новой конструкции удобнее, проще и надежнее в эксплуатации, с его помощью возможно местное или диспетчерское изменение уставки.

Таким образом, испытания обеих конструкций затворов на двух перегораживающих сооружениях ЛВТ показали принципиальную возможность и целесообразность их применения в качестве гидроавтоматов регулирования заданного уровня воды верхнего бьефа на открытых сооружениях.

В ходе эксперимента выяснилось, что выполненные по проекту [1] элементы двухрадиусного уплотнения удовлетворяют антифильтрационным требованиям при закрытом затворе.

Однако малые зазоры между резиновым уплотнением и металлическими закладными частями, обусловленные небольшим расстоянием между центрами кривизны обшивки затвора и кривизны уплотнения, и принятая форма паза щитовой коробки сооружения для размещения уплотнения (рис.3) способствуют задержке плавающего мусора, что вызывает заклинивание затвора.

Для улучшения работы двухрадиусного уплотнения можно, например, применить вместо резины стальную изогнутую полосу с прилеганием ее ребра к закладным частям с зазором до 2 мм при затворе на пороге и увеличить расстояние $\mathcal{L}$ между центрами кривизны обшивки и уплотнения, определяя его из соотношения

$$\mathcal{L} = K R_{з}, \qquad (2)$$

Фактические, проектные и рекомендуемые показатели основных параметров элементов затвора

Номер точки	α, град.	Фактические							Проектные		Рекомендуемые						
		β, град.	F, т	M, кгм	R_y, мм	W, т	h_w, см	ℓ, см	F_n, т	M_n, кгм	β_p, град.	F_p, т	M_p, кгм	W_p, т	ℓ_p, см	n_{np}, см	R_{np}, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	0	0	1,83	583 / –	192 / 183	2,04 / –	38,0 / –	0 / 0	1,84	586	0	1,98	889 / 730 x)	1,54	0	30,0	288 x)
2	3,2	27	1,86	602 / –	183 / 183	2,28 / –	40,0 / –	8,0 / 8,0	1,83	583	24	1,98	889 / 710 x)	2,07	10,7	40,7	230 x)
3	6,4	54	2,01	816 / 868	174 / 176	2,54 / 2,20	44,0 / 52,0	17,0 / 17,0	1,92	590	48	1,98	883	2,52	19,6	46,6	194
4	8,8	82	1,97	905 / 868	165 / 167	2,67 / 2,40	46,0 / 57,0	25,0 / 26,0	1,91	587	72	1,97	880	2,92	27,4	57,4	173
5	12,8	112	1,95	508 / 880	156 / 158	2,89 / 2,70	48,0 / 64,0	33,0 / 34,0	1,90	583	97	1,96	885	3,29	34,7	64,7	159
6	16,0	142	1,90	589 / 881	147 / 150	2,97 / 2,80	52,0 / 69,0	40,0 / 42,0	1,88	578	123	1,94	880	3,62	41,1	71,1	147
7	19,2	179	1,89	578 / 877	139 / 144	3,16 / 3,10	55,0 / 75,0	47,0 / 50,0	1,86	572	148	1,93	875	3,94	47,3	77,3	137
8	22,4	204	1,86	571 / 870	132 / 134	3,33 / 3,40	58,0 / 81,0	54,0 / 58,0	1,83	562	174	1,91	869	4,25	55,3	83,3	127
9	25,6	237	1,84	583 / 852	124 / 122	3,55 / 3,74	62,0 / 89,0	61,0 / 65,0	1,80	553	200	1,88	858	4,54	59,3	88,9	119

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
10	38,8	287	1,81	556 855	117 118	3,76 3,86	85,0 84,0	87,0 71,0	1,77	543	228	1,84	848	4,81	84,1	84,1	111
11	32,0	289	1,78	547 852	110 112	3,87 4,24	88,0 101,0	73,0 78,0	1,74	534	252	1,81	833	5,09	89,0	98,9	104
12	35,2	330	1,76	541 842	104 107	4,20 4,40	73,0 105,0	79,0 84,0	1,70	522	279	1,77	820	5,30	79,7	103,7	99
13	38,4	361	1,74	538 -	89 101	4,42 -	77,0 -	84,0 89,0	1,85	307	307	1,73	808	5,54	78,4	108,4	84

α – угол открытия затвора от порога; β – угол поворота соединительного вала 8; F – усилие на тросе подвески затвора к шкиву; M – момент на валу; R_y – перемещение, в зависимости от угла β и диаметра троса подвески, эффективный радиус подвески емкости; W – вес воды в емкости; h_w – глубина воды в емкости; ℓ – длина хода емкости.

ПРИМЕЧАНИЯ:
1. Фактические показатели в числителе – на ПК 210, в знаменателе – на ПК 122.
2. Собственный вес емкости на ПК 210 около 1,0 т, на ПК 122 – 0,8 т и балласт 0,8 т.
3. Указанные значения R_y и R_{yp} даны с учетом толщины троса подвески емкости (диаметр его 14 ÷ 18 мм).
4. Вес воды в емкости W_{Σ}) для ПК 122 принятая без объема балласта, размещенного в емкости.
5. Показатели со значком * учитывают гидропневматический подсос затвора.

где $R_з$ – радиус обшивки затвора;

K = 0,08 ÷ 0,10 (против принятого в проекте около 0,02).

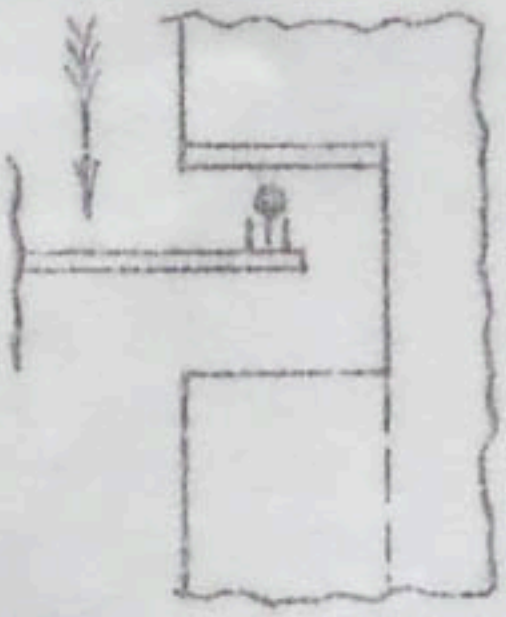


Рис.3. Схема паза и уплотнения.

Форму низовой части паза следует принять прямолинейной, как показано на рис.3 пунктиром.

При этом стальное уплотнение будет перетирать плавающий мусор, а вода – смывать его в нижний бьеф.

Для разработки рекомендаций по дальнейшему применению подобных сегментных затворов были проведены дополнительные расчеты и анализ оптимальных соотношений отдельных элементов конструкции на примере затворов для ЛВТ.

В качестве исходных данных приняты:

высота оси затвора над порогом и нормальный напор 260 см;

диапазон изменения уставок 260 ÷ 220 см;

расчетная схема затвора, аналогичная изображенной на рис.1;

сечение емкости 320x180 $см^2$;

вес затвора 2,05 т;

собственный вес емкости 1,0 т;

радиус шкива подвески затвора 35 см;

максимальная отметка уровня воды в емкости на уровне 205 см от порога.

Размеры улитки определялись из условий получения минимальной высоты и хода емкости, минимальных размеров улитки и достаточного для устойчивой работы системы затвора-автомата градиента эффективных радиусов приложения веса емкости с водой; обеспечивалось равенство моментов по выражению (1) при отметках уровня ∇h_w воды в емкости, для запаса, на 15-20 см ниже минимальной уставки $H_{мин}$ при всех эксплуатационных открытиях затвора.

Угол, град.	№ R	$R_{мм}$
0	0	84
30	1	89
60	2	96
90	3	103
120	4	111
150	5	121
180	6	132
210	7	145
240	8	162
270	9	180
300	10	214
330	11	269
360	12	357

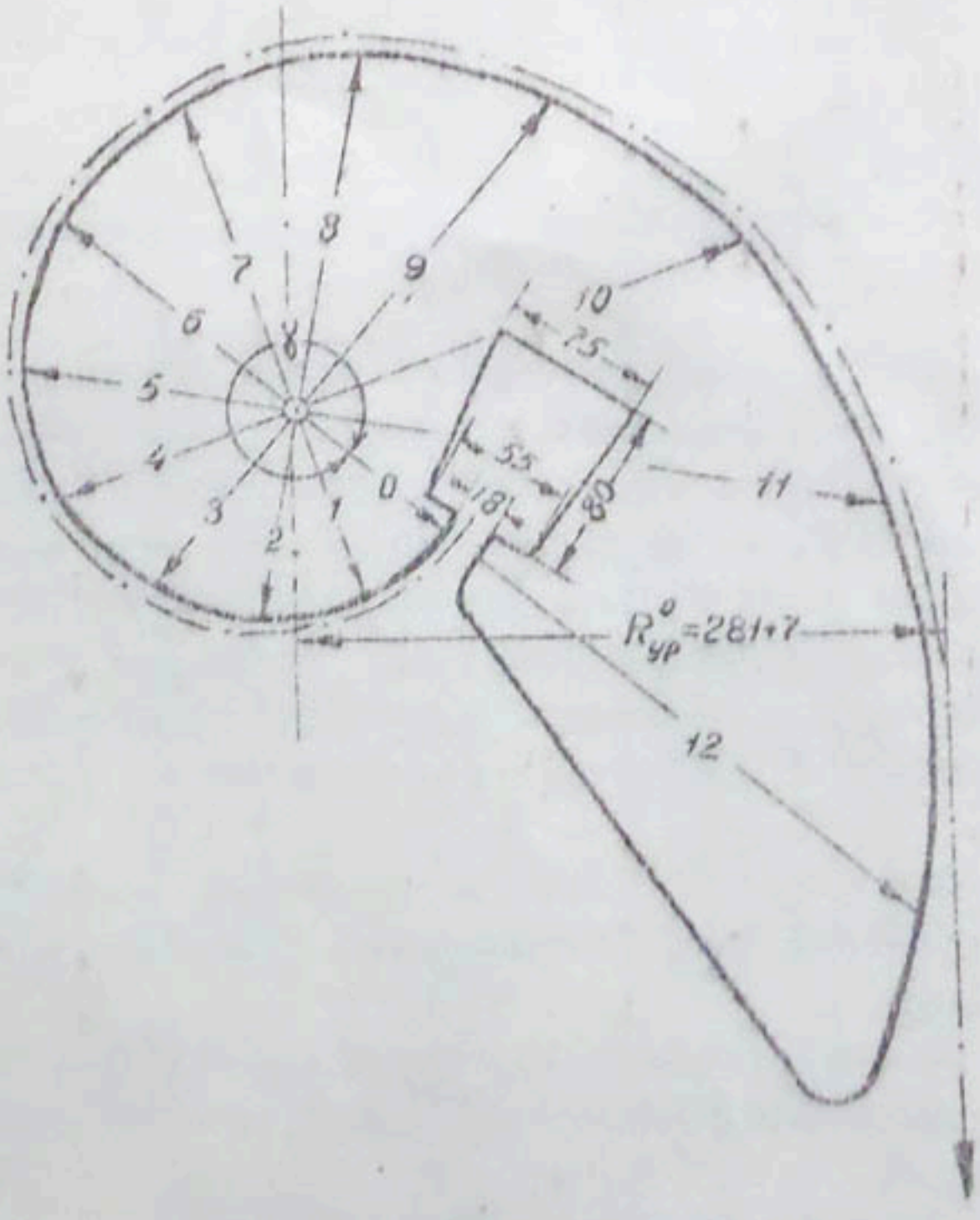


Рис.4. Разметка улитки.

Оптимальные параметры улитки (с окном для заделки троса подвески емкости) приведены на рис.4, где φ_i – углы разметок улитки, R_i – соответствующие углам радиусы разметок.

Улитка показана в расчетном положении затвора на пороге. Она имеет запас в обоих направлениях по углу поворота β вала 4 около $\pm 20^0$ от расчетного, что вместе с запасами в наполнении емкости и высоты ее подвески дает возможность обеспечить работоспособность конструкции при отклонении фактических моментов (из-за погрешностей изготовления и монтажа затвора) на $\pm 30\%$ от расчетных.

Рекомендуемые расчетные значения приведены для сведения в таблице с индексом "Р".

Высота емкости определена в 130 см.

Отметка дна колодца и максимальный уровень воды в водоотводе должны быть не выше 90 см от порога (или заглублены не меньше чем на высоту емкости – 130 см – от отметки минимальной уставки уровня верхнего бьефа). При этом отношение перепада между уровнями воды в водоотводе и верхнем бьефе к напору на пороге составляет 0,6 ÷ 0,5.

Развертка верхней части щитка-водослива гидроусилителя определена из условия обеспечения достаточного быстродействия и точности регулирования системы (рис.5, размеры в мм).

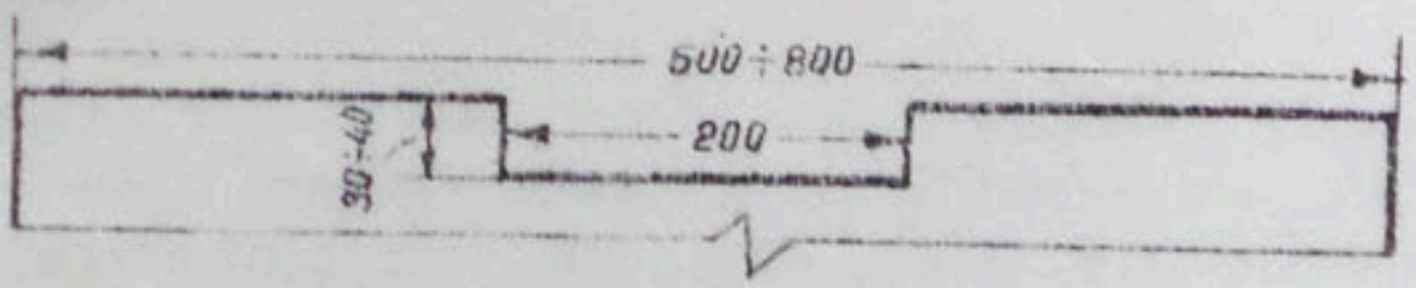


Рис.5. Развертка верхней части щитка-водослива гидроусилителя.

Расход оттока воды из гидроусилителя для устойчивой работы системы затвора должен обеспечиваться выпускным

отверстием в пределах 3 – 9 л/сек.

Ход щитка-водослива гидроусилителя должен обеспечиваться из условий диапазона уставок, то есть в пределах не менее 40 см, при высоте гидроусилителя 90 ÷ 100 см.

В остальном элементы конструкции и компоновки затвора аналогичны проектным [1].

В ы в о д ы

Экспериментальное внедрение, исследование и эксплуатация сегментных затворов-гидроавтоматов двух конструкций института "Средазгипроводхлопок", разработанных на основе изобретений Э.Э.Пеплова, подтвердили работоспособность, высокую точность и целесообразность применения их в качестве авторегуляторов уровня воды верхнего бьефа открытых перегораживающих сооружений с расходом одного отверстия от 5 до 40 $м^3$/сек и при перепаде между регулируемым уровнем и уровнем водоотвода (в нижний бьеф или иной водоприемник расхода до 10 л/сек из емкости) не менее 0,6 напора на пороге.

При проектировании аналогичных гидроавтоматов желательно учитывать приведенные в работе рекомендации по оптимальным соотношениям основных элементов конструкции

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Проект механического оборудования для сооружений на Левой ветке Ташкентского канала. Архивные номера РЧМ-516, 516А, 521, 696. Средазгипроводхлопок, Ташкент, 1965-1971 гг.

2. Описание изобретения к авторскому свидетельству № 258118 "Сегментный затвор гидротехнического сооружения". (Автор Э.Э.Пеплов).

3. Описание изобретения к авторскому свидетельству № 284883 "Затвор для перекрытия водовыпускных отверстий". (Автор Э. Э. Пеплов)

4. В. Архангельский, А. Мансуров. О затворе конструкции Э. Э. Пеплова. "Голос ирригатора", № 43, 1970. Средазгипроводхлопок", Ташкент.

5. Описание изобретения к заявке № 1828865/28-14 на авторское свидетельство "Сегментный затвор". (Авторы В. К. Архангельский, А. Р. Мансуров, Э. Э. Пеплов).

УДК 627.833

Ю.А.ИБРАГИМОВ, гл.инж.проекта
(Средазгипроводхлопок)

МОНТАЖ СЕГМЕНТНОГО ЗАТВОРА ТАХИАТАШСКОГО ГИДРОУЗЛА

Железобетонная щитовая плотина Тахиаташского гидроузла состоит из 23 пролетов шириной 16 м каждый. Перекрываются пролеты сегментными рабочими затворами, которые предназначены для поддержания в реке Амударье горизонтов воды, обеспечивающих подачу ее в ирригационную сеть, судоходный и рыбоходные шлюзы. Применение сегментных затворов способствует максимальной надежности гидроузла.

Проект сегментных затворов разработан отделом металлоконструкций института "Средазгипроводхлопок", а изготовлены они Ленинградским заводом гидромеханического оборудования и смонтированы Чарвакским участком треста "Гидромонтаж".

Конструкция сегментного затвора 16,0х6,0 м состоит из балочной клетки, несущей обшивки, очерченной по радиусу, двух главных ригелей двутаврового сечения и двух наклонных ног. Затвор оборудован боковым и нижним уплотнениями и служебными мостиками.

Вся нагрузка от давления воды передается на два опорных конусных шарнира[x].

Подъем и опускание затвора производится однобарабанным канатным подъемным механизмом грузоподъемностью 80 тс, установленным на служебном мостике.

Металлоконструкции затвора изготовлены из стали М16С, опорные шарниры литые - из стали 35Л.

Контрольная сборка затвора заводом-изготовителем выполнялась частично. Ее не проходили детали опорных шарниров с ногами, так как опорные шарниры и металлоконструкции затвора изготавливались на разных заводах.

Техническая характеристика затвора следующая:

Пролет в свету	16,0 м
Высота затвора	6,0 м
Расчетный напор	6,0 м
Полная гидростатическая нагрузка	325,0 тс
Расстояние между осями шарниров	15,2 м
Наружный радиус обшивки	8,0 м
Высота установки шарнира относительно порога затвора	6,0 м
Вес металлоконструкций	18,0 тс
Вес двух конусных шарниров	18,0 тс

Конструкция затвора сварная.

Проект организации работ по монтажу сегментного затвора был составлен отделом металлоконструкций института "Средазгипроводхлопок".

Монтаж производился строительным краном КБГС-450 грузоподъемностью 25 тс. Вес монтируемых марок не превышал 13,0 тс.

На специальном стенде в пролете устанавливалась нижняя секция затвора, включающая оба несущих ригеля, на нее - поочередно две верхние секции: правая и левая. По завершении сборки проводились контрольные

---

x) Конусные шарниры изготовлены Пермским машиностроительным заводом.

замеры, исправлялись замеченные дефекты и выполнялась окончательная разварка секций между собой.

Параллельно с монтажом затвора устанавливали опорные шарниры.

Монтаж последних проводили в две очереди. Сначала устанавливалась металлоконструкция подшарнирной опоры на специальных столиках и выверялась по оси и в вертикальной плоскости с точностью до $\pm$ 1,0 мм, тщательно раскреплялась и разваривалась. После этого на анкерные болты навешивался конусный опорный шарнир в собранном виде, отрегулированный в заводских условиях.

Наиболее ответственным моментом в установке опорных шарниров является выверка их соосности. Обычно она производится или с помощью оптической трубы, или с помощью струны, натянутой через центровые отверстия, при предварительной разборке конусных опор, установке и выверке внутреннего неподвижного несущего конуса.

При монтаже опорных шарниров на строительстве не оказалось специальной оптической трубы, а разборка отрегулированных в заводских условиях 46 опорных шарниров, их сборка и регулировка после выверки соосности осложнили бы монтаж и увеличили сроки монтажных работ.

Взамен вышеупомянутых сложных способов отделом металлоконструкций института был предложен метод выверки соосности посредством четырех струн без разборки, последующей сборки и регулировки опорных шарниров. Принципиальная схема предложенного способа выверки соосности приведена на рисунке.

На четыре анкерных болта во взаимно перпендикулярной плоскости натягиваются с помощью грузов четыре струны (в точках 1,2,3 и 4).

Центральная ось столиков опорных шарниров (правого и левого) под крепление ног сегментного затвора устанавливается против струны, натянутой между точками 1-1. Замеряются x_1 - расстояние от струны до точки 6 и y_1 - расстояние от струны до точки 5 центральной оси опорного столика на правом и левом шарнирах.

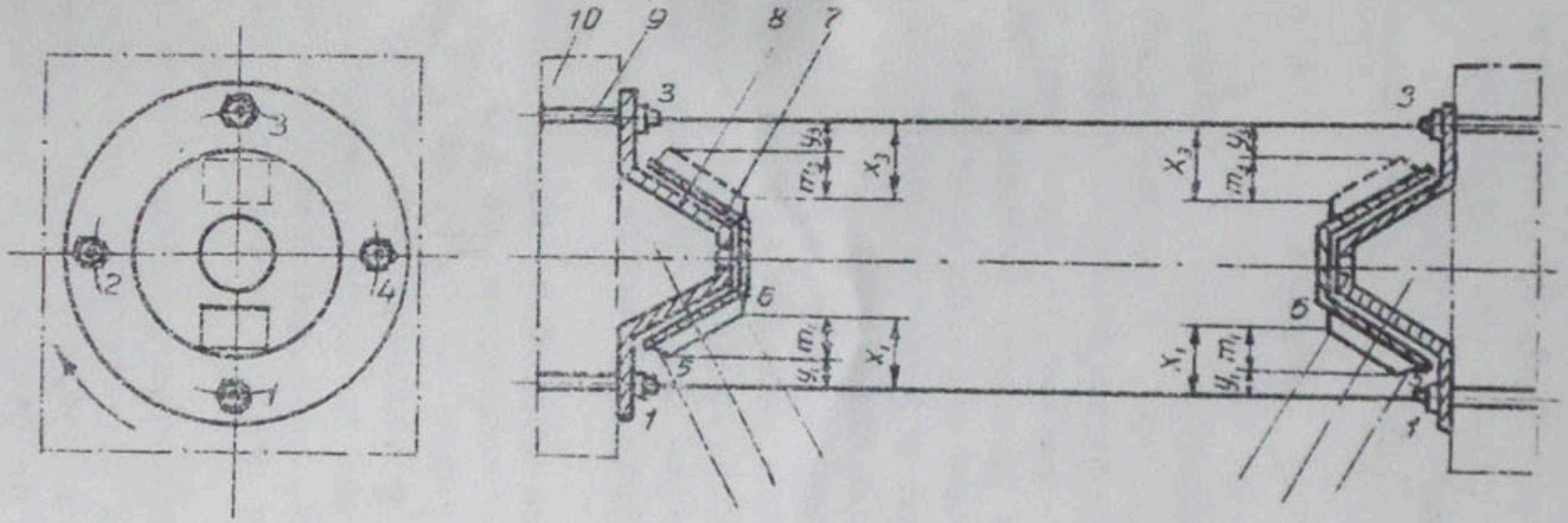


Схема выверки соосности:

1,2,3,4 – натянутые струны; 5,6 – точки опорного столика; 7 – подвижный опорный конус; 8 – неподвижный опорный конус; 9 – анкерный болт; 10 – подшарнирная металлоконструкция.

Вычитая y_1 из λ_1, получим разность m_1. Затем, развернув опорный шарнир на 180°, устанавливаем ось столика опорного шарнира против струны, натянутой между точками 3–3. Полученная величина m_3 равна разности расстояний между струной и точками 5 и 6. При сопоставлении значений m_1 и m_3, соответственно для правого и левого шарниров, делаем выводы:

при равенстве m_1 и m_3 соосность в вертикальной плоскости выдержана;

при наличии разности между размерами ($m_1 - m_3 < 0$ или $m_1 - m_3 > 0$) соосность не выдержана.

Во втором случае необходимо в точке с наименьшим размером m подложить прокладку под основание опорного шарнира и уравнять величины m_1 и m_3.

Добившись таким образом соосности в вертикальной плоскости, переходим к выверке соосности опорных шарниров в горизонтальной плоскости.

Центральную ось столика правого и левого опорных шарниров располагаем сначала против струны, натянутой между точками 2–2, а затем против струны между точками 4–4 и производим серию замеров, аналогичных проведенным при проверке соосности в вертикальной плоскости.

Вышеописанный способ позволил определить соосность опорных шарниров с точностью до ± 2 мм (по техническим условиям требуется точность до ± 4,5 мм), исключая при этом разборку и последующую сборку с регулировкой 46 опорных шарниров по всему гидроузлу.

После окончательной выверки соосности опорных шарниров правого и левого бычка проведено бетонирование блока.

По завершении бетонирования блока к опорным шарнирам крепились ноги сегментного затвора.

Для удобства наводки ноги на шарнир и стыковки с ригелями затвор на стенде был перемещен в напорную сторону на 250 мм. После сборки шарниров и ног затвор накатывался в сторону ног и состыковывался. Операция откатки затвора трудоемкая. В связи с этим на стенде бы-

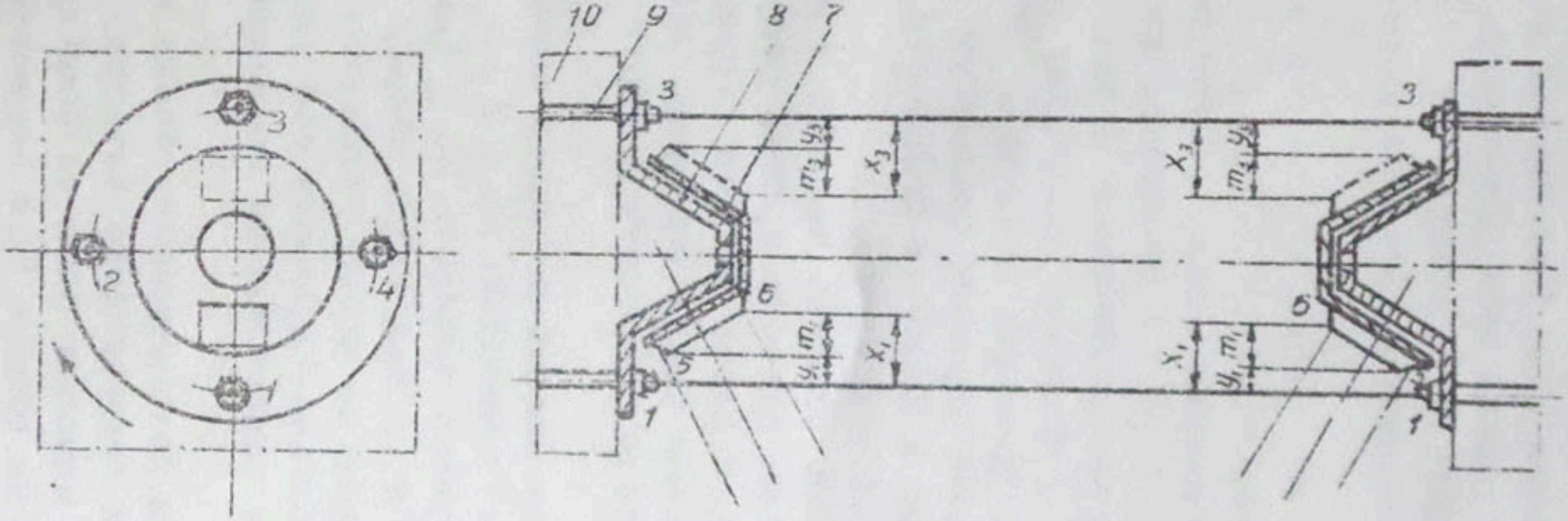


Схема выверки соосности:

1,2,3,4 – натянутые струны; 5,6 – точки опорного столика; 7 – подвижный опорный конус; 8 – неподвижный опорный конус; 9 – анкерный болт; 10 – подшарнирная металлоконструкция.

Вычитая y_1 из λ_1, получим разность m_1. Затем, развернув опорный шарнир на 180°, устанавливаем ось столика опорного шарнира против струны, натянутой между точками 3-3. Полученная величина m_3 равна разности расстояний между струной и точками 5 и 6. При сопоставлении значений m_1 и m_3, соответственно для правого и левого шарниров, делаем выводы:

при равенстве m_1 и m_3 соосность в вертикальной плоскости выдержана;

при наличии разности между размерами ($m_1 - m_3 < 0$ или $m_1 - m_3 > 0$) соосность не выдержана.

Во втором случае необходимо в точке с наименьшим размером m подложить прокладку под основание опорного шарнира и уравнять величины m_1 и m_3.

Добившись таким образом соосности в вертикальной плоскости, переходим к выверке соосности опорных шарниров в горизонтальной плоскости.

Центральную ось столика правого и левого опорных шарниров располагаем сначала против струны, натянутой между точками 2-2, а затем против струны между точками 4-4 и производим серию замеров, аналогичных проведенным при проверке соосности в вертикальной плоскости.

Вышеописанный способ позволил определить соосность опорных шарниров с точностью до $\pm$ 2 мм (по техническим условиям требуется точность до $\pm$ 4,5 мм), исключая при этом разборку и последующую сборку с регулировкой 46 опорных шарниров по всему гидроузлу.

После окончательной выверки соосности опорных шарниров правого и левого бычка проведено бетонирование блока.

По завершении бетонирования блока к опорным шарнирам крепились ноги сегментного затвора.

Для удобства наводки ноги на шарнир и стыковки с ригелями затвор на стенде был перемещен в напорную сторону на 250 мм. После сборки шарниров и ног затвор накатывался в сторону ног и состыковывался. Операция откатки затвора трудоемкая. В связи с этим на стенде бы-

ли предусмотрены ходовые колеса, позволяющие стенду с затвором перемещаться. Монтаж криволинейных боковых закладных частей под уплотнения производился в штрабах по сегментному затвору.

УДК 65.012.122:627.833:626.823.2

Б.С.ПЛУТНО, гл.спец.,
В.К.ГИРИЧЕВ, руковод.группы
(Средазгипроводхлопок)

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТИПОВЫХ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВОДОДЕЙСТВУЮЩИХ ЗАТВОРОВ С ПОПЛАВКОМ НА ОБШИВКЕ ДЛЯ ЛОТКОВЫХ КАНАЛОВ

Затворы с поплавком на обшивке стали применяться институтом "Средазгипроводхлопок" с 1961 г. на первых лотковых распределителях в Голодной степи в проектах для повторного применения, разработанных на основании исследований, проведенных в САНИИРИ в 1958 г. [1]. В 1963 г. был разработан типовой проект затвора [2], в котором учитывались результаты дополнительных(1961 г.) испытаний САНИИРИ [3].

Исследования не были исчерпывающими: проводились они только при свободном истечении, не проверялись условия устойчивой работы авторегуляторов, не отрабатывалась методика их наладки, не подбирались оптимальные размеры поплавков. Но они подтвердили сравнительную простоту затворов, их работоспособность и возможность широкого применения.

При попытке института "Средазгипроводхлопок" внедрить автоматы горизонта в производство в 1963-1965 гг. оказалось, что наладка и регулировка затворов конструкции 1961 и 1963 гг. недопустимо сложна и трудоемка: она предполагает обмер, взвешивание каждого затвора и индивидуальные расчеты уравновешивающих грузов [4].

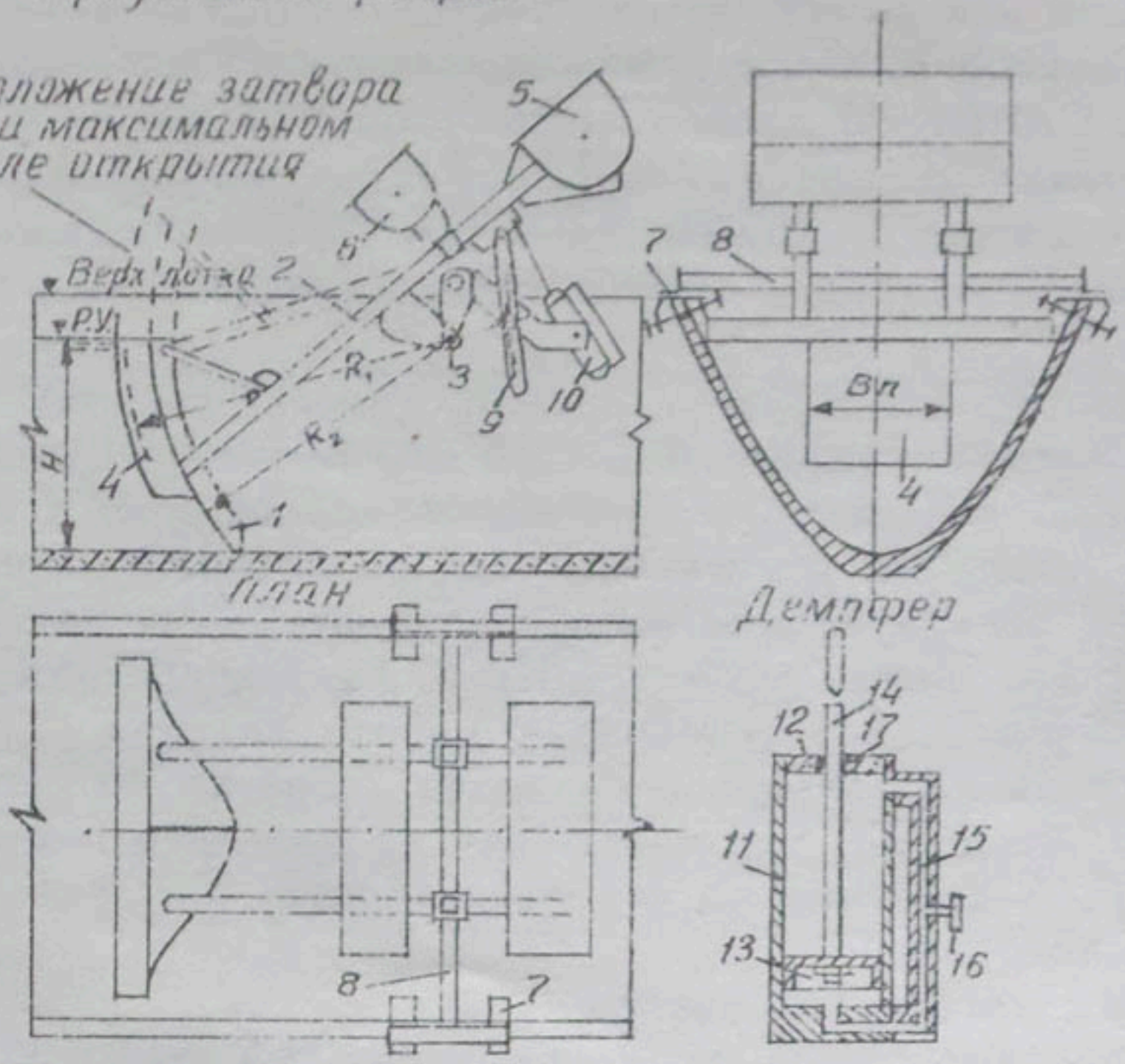


Рис.1. Затвор конструкции СПА-65:

1- щитовая часть; 2- ноги; 3- ось вращения; 4- поплавок; 5- противовес; 6- балансир; 7- узел крепления; 8- опорная балка; 9- механизм ручного регулирования; 10- демпфер; 11- корпус демпфера; 12- крышка; 13- поршень, 14- шток; 15- перепускной канал; 16- регулировочный винт; 17 - сальниковое уплотнение.

Для выработки более простой методики регулировки в 1965 г. Средазгипроводхлопок на лабораторном стенде САНИИРИ провел дополнительные эксперименты, убедительно показавшие преимущества регулировки затвора, в который включен балансир [5]. На основании этих исследований в 1965 г. типовой проект был переработан [6].

Затвор конструкции 1965 г. (рис.1) состоит из щитовой части, с укрепленным на ней поплавком, ног, противовеса, балансира и опорной балки, которая с помощью узлов крепления устанавливается на лотке. Механизм ручного регулирования позволяет неподвижно закреплять затвор при любом угле открытия. Гидравлический демпфер обеспечивает устойчивую работу затвора.

Обшивка затвора и поплавка очерчена по радиусу из оси вращения, что исключает воздействие гидростатического давления на все поверхности, кроме напорной грани поплавка.

На затвор действуют:

вес затвора (с уравновешивающими грузами противовеса и балансира), стремящийся закрыть его;

гидростатическое давление на нижнюю (напорную) грань поплавка, стремящееся открыть его.

Затвор налаживается так, чтобы равновесие действующих сил наступало только при расчетном регулируемом уровне (Р.У.) верхнего бьефа. Обычно Р.У. совпадает с отметкой оси вращения, но возможно некоторое отклонение его в ту или другую сторону.

Для достижения равновесия необходимо, чтобы центр тяжести уравновешенной конструкции (после загружения емкости балансира и противовеса) лежал на перпендикуляре к линии, соединяющей напорную грань поплавка с осью вращения, а размеры поплавка и параметры уравновешенной конструкции определялись соотношением

$$GR_0 = \gamma B_n \frac{R_1^3 - R_2^3}{3},$$

где G – вес затвора и гр. об, т;

R_g – расстояние от центра тяжести конструкции до оси вращения, м;

γ – удельный вес воды, т/м^3;

$B_п$ – ширина поплавка, м;

R_1, R_2 – наружный и внутренний радиусы поплавка, м.

Эти условия выполняются при уравновешивании затвора в двух положениях в процессе наладки (рис.2):

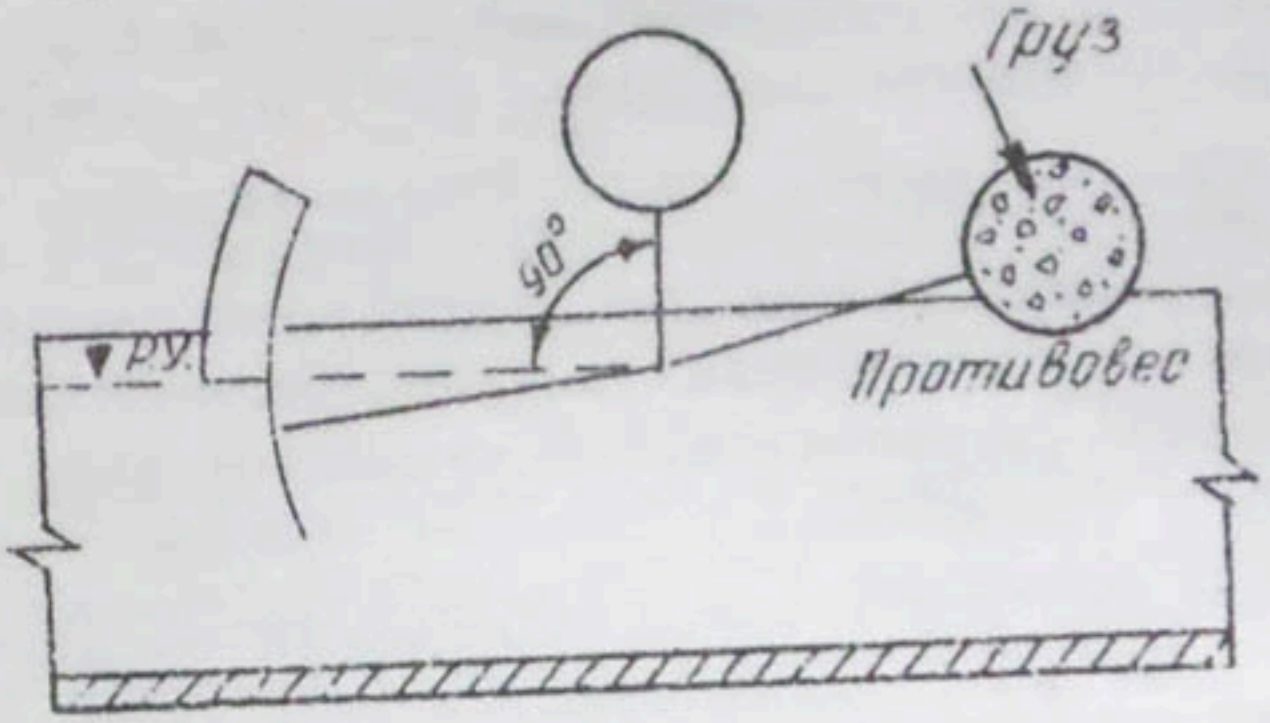
Первое положение. Затвор открывается настолько, чтобы напорная грань поплавка вышла на отметку Р.У., и уравновешивается в таком положении загрузкой противовеса. Балансир устанавливается так, чтобы геометрический центр его емкости лежал на вертикали, проходящей через ось вращения. При этом не имеет значения, течет ли вода по лотку, но ее горизонт не должен подниматься выше Р.У.

Второе положение. По лотку пропускается небольшой расход. Балансир загружается до тех пор, пока не наступит равновесие затвора при заполнении лотка до отметки Р.У.

Схема демпфера изображена на рис.1. Работа демпфера основана на медленном перепуске жидкости, заполняющей цилиндр, через перепускной канал. Вязкость жидкости и площадь отверстия подбираются так, чтобы даже значительные по величине кратковременные силы не вызывали существенных изменений положения поршня и даже незначительные постоянно действующие силы могли бы плавно передвигать его. Поэтому демпфер не позволяет затвору реагировать на случайные знакопеременные толчкие воздействия, предохраняет его от раскачки.

В 1967 г. представилась возможность провести производственную проверку затворов конструкции 1965 г. на лотковой сети опытного участка института "Средазгипроводхлопок" в Голодностепском совхозе № 1 [7].

I



II

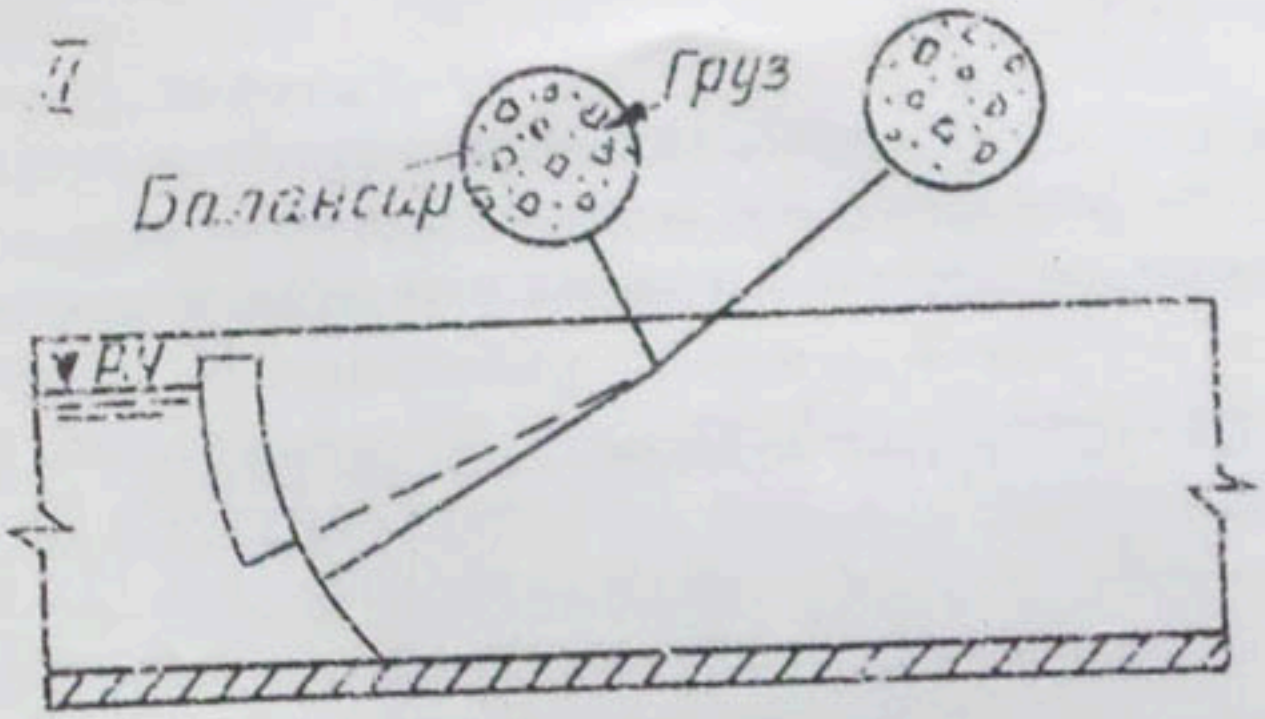


Рис.4. Схема уравновешивания затвора:
I- первое положение; II- второе
положение.

Для производственных исследований было изготовлено пять затворов для лотка высотой 60 см. Их установили на лотковой сети, орошающей территорию опытного участка. Они проработали под непрерывным наблюдением весь вегетационный период 1987 г.

Монтаж и наладка затворов оказались несложными: два специалиста за 20 минут установили затвор на лотке и отрегулировали его. Щели между поверхностью лотка и обшивкой затвора, образовавшиеся из-за некоторого несоответствия их очертания, были устранены с помощью цементной подмазки лотка по периметру прилегания затвора. При этом на лотке по контуру примыкания обшивки производилась насечка; обшивка затвора смазывалась солидолом, а насеченная поверхность смачивалась цементным молоком; затвор опускался, и выполнялась подмазка цементным раствором на 3-5 мм выше кромки обшивки затвора. Подмазка обеспечивает уплотнение закрытого затвора и прочно держится на лотке: в течение двух лет, пока за ней велись наблюдения, прочность ее не уменьшилась.

Исследования работы затворов проводились с помощью визуальных наблюдений и инструментальных замеров основных параметров (положение уровней в верхнем и нижнем бьефе - пьезометрами; углы открытия - специальным угломером; расход - по гидропосту, тарированному трубкой Пито; положение регулируемого уровня фиксировалось самописцем уровня "Валдай").

Через затворы пропускались расходы от 60 до 160 л/сек. В зависимости от расхода менялись условия работы затворов: при небольших расходах режим истечения был свободным, с увеличением расхода - подтопленным. На одном из затворов были проведены эксперименты с искусственным подтоплением его со стороны нижнего бьефа.

Испытания показали, что затворы функционируют вполне удовлетворительно при любом режиме истечения. В условиях "длинного бьефа" (если нет преград, вызывающих отражение волн) они устойчиво работают и без демпфирующего устройства даже при искусственно вызванной раскачке. В условиях "короткого бьефа", когда образо-

вавшаяся у затвора волна отражается от встретившейся преграды (поворот лотка, стенка колодца трубчатого перепада и др.) и вновь возвращается к затвору, вызывая его раскачку, демпфер необходим

Точность поддержания заданного уровня довольно высокая. При работе в естественных условиях ошибка затвора, отрегулированного на поддержание горизонта воды на уровне 48 см, составляла +0,3 ÷ -2,4 см (рис.3). При искусственном подтоплении она несколько выше: от +1,7 до -2,8 см (рис.4).

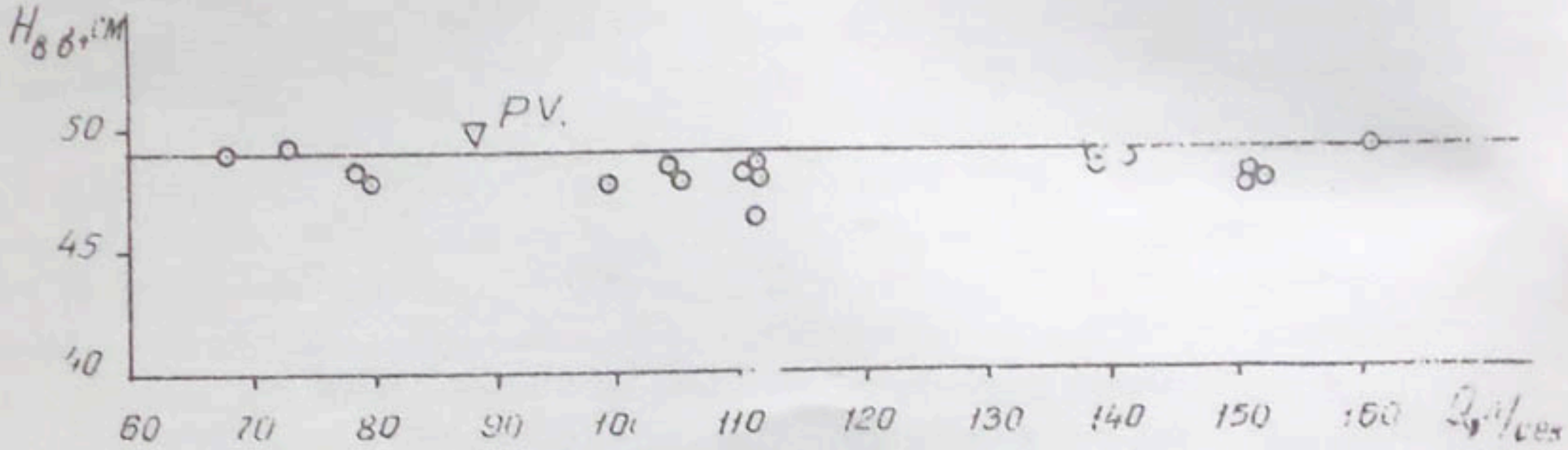


Рис.3. Зависимость горизонта воды, поддерживаемого затвором, от расхода (при работе без искусственного подтопления).

Объясняется это тем, что регулировка производилась для режима без искусственного подтопления. Уравновешивание во втором положении учитывает влияние гидродинамических сил и зависит от расхода, протекающего через затвор. Поэтому наиболее точно затвор поддерживает горизонт воды при том расходе, при котором производилась регулировка.

Анализ исследований пропускной способности затвора подтвердил правильность проектных гидравлических расчетов: расчетная (по типовому проекту) и экспериментальная зависимость перепада от расхода почти не отличаются (рис.5).

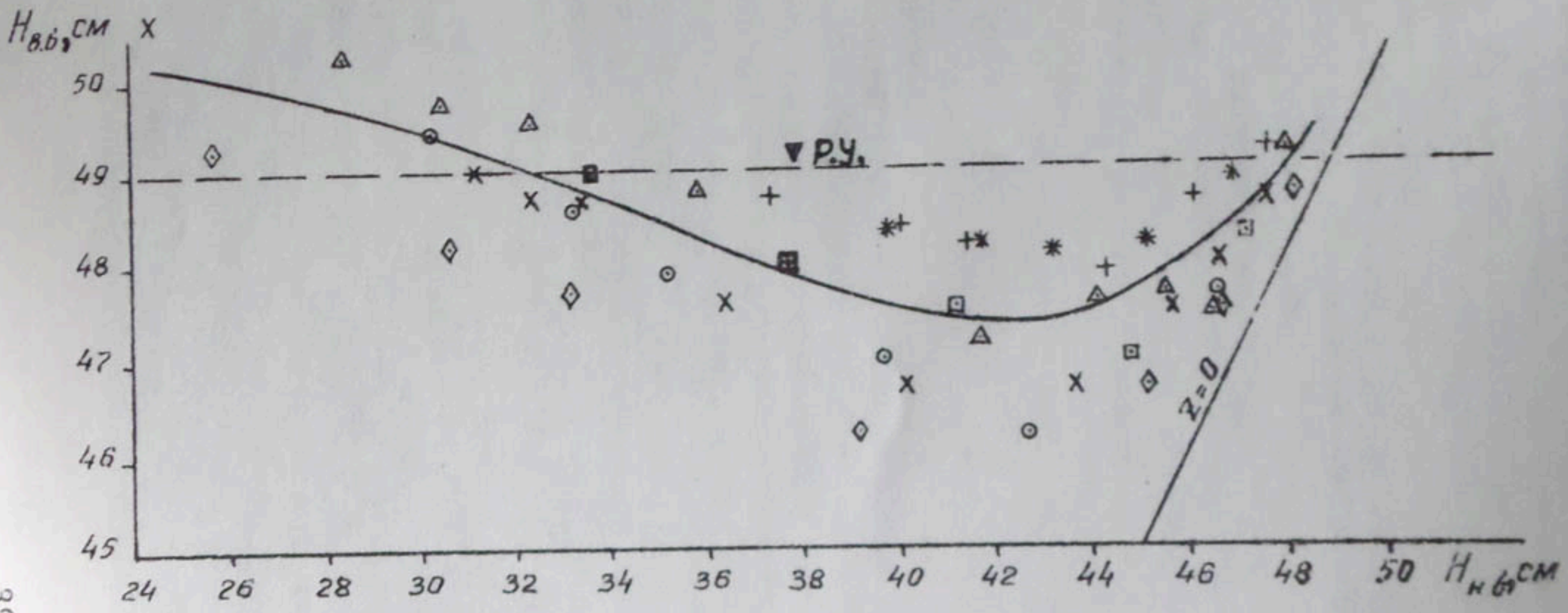


Рис.4. Зависимость горизонта воды, поддерживаемого затвором, от полтопления (при различных расходах):

⊙ при Q = 68 л/сек
△ при Q = 80 л/сек
⊡ при Q = 98 л/сек
◇ при Q = 103 л/сек
× при Q = 113 л/сек
\+ при Q = 120 л/сек
✱ при Q = 152 л/сек

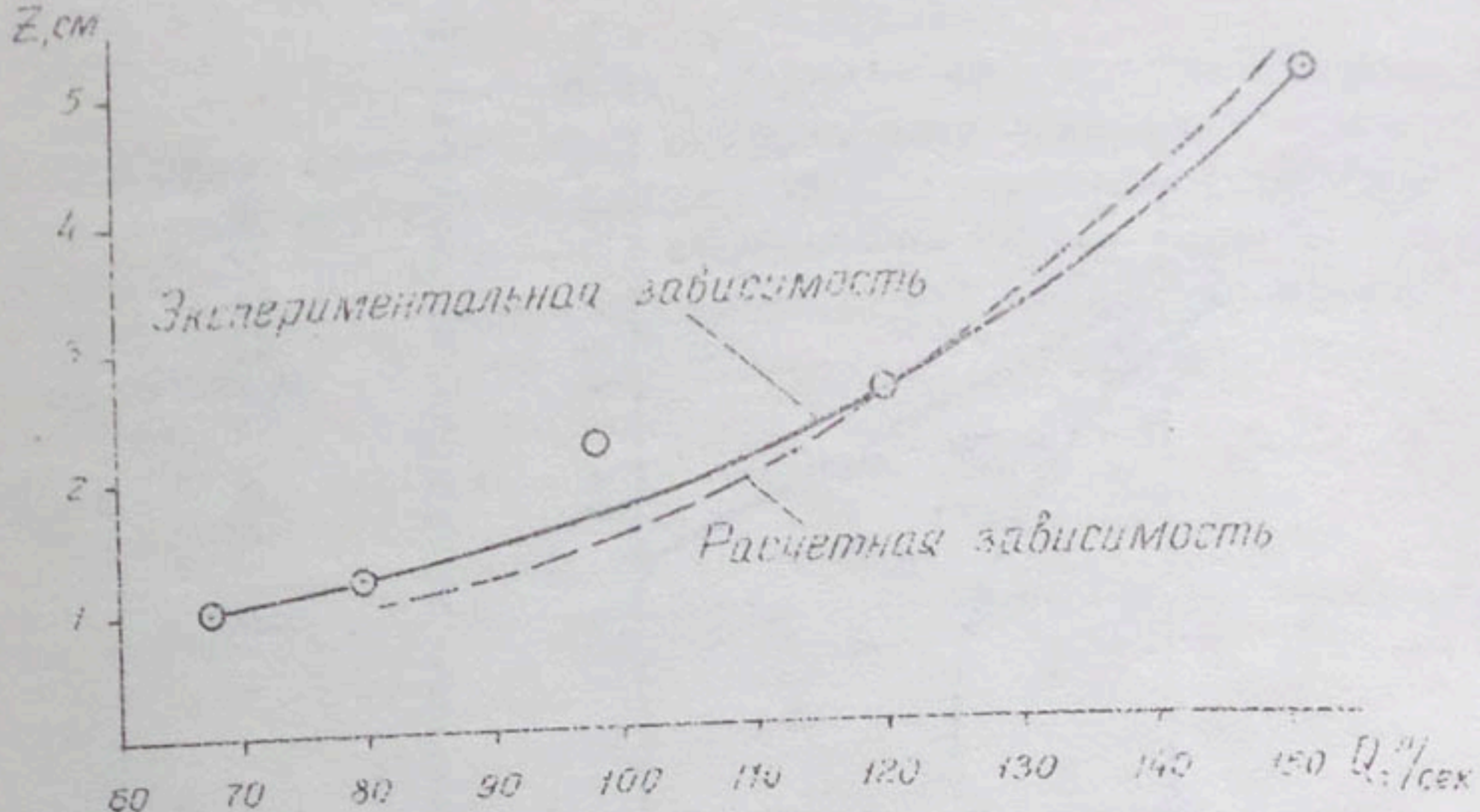


Рис.5. Расчетная и экспериментальная зависимости перепада напора от расхода (при максимальном открытии затвора).

Показав вполне удовлетворительную точность и работоспособность автоматических устройств, исследования обнаружили ряд присущих им конструктивных и эксплуатационных недостатков, основные из которых:

нерациональная форма емкостей противовеса и балансира;

сложная в изготовлении и неуловлетворительная в работе конструкция демпфера;

несоответствие технологических требований к автомату его возможностям. Оказалось, что поддерживать постоянный горизонт воды в лотке не всегда целесообразно. Если на отводе за автоматом полив не производится, затвор эффективнее использовать как глухую перемычку, исключающую фильтрацию. Если полив не проводится на участке, для которого автомат поднимает за-

ризонт воды, его выгоднее открывать полностью, чтобы он не стеснял живого сечения лотка и чтоб лоток промывался от наносов, которые нередко отлагаются перед затвором при автоматическом режиме работы. Кроме того, механизм ручного регулирования, предусмотренный в конструкции, оказался совершенно бесполезным.

При испытаниях выявлены условия эксплуатационного ухода, обеспечивающие нормальную работоспособность конструкций:

трущиеся части подвески необходимо обильно смазывать солидолом перед началом вегетационного периода, чтобы их ржавление не снижало со временем чувствительности авторегулятора;

авторегуляторы нуждаются в защите от плавающего мусора. Необходимо либо устанавливать мусорозаградительные решетки в голове лоткового распределителя, либо не реже одного раза в 2-3 дня проверять и очищать затворы.

Недостатки, обнаруженные в ходе производственных исследований 1965 г., были устранены при корректировании типового проекта в 1969 г. (рис.6) [8]. Полностью переработана конструкция демпфера. Затвор может открываться (вручную) так, чтобы вся обшивка выходила из воды, и закрепляться в таком положении. Благодаря этому затвор приобретает еще одно достоинство - его можно применять на лотковых каналах в тех случаях, когда в первоначальном проекте установка затвора не предполагалась и для него не предусмотрен гидравлический перепад напоров. Затвор можно прижать к лотку, полностью перекрыв сечение, и закрепить в таком положении. Для предотвращения опрокидывания затвора при автоматическом режиме работы в конструкцию включен съемный упор, ограничивающий угол открытия рабочим ходом поплавка.

Эксплуатационные требования отражены в специальной инструкции, включенной в пояснительную записку.

В соответствии с проектом СПА-69 было изготовлено несколько опытных образцов затворов для лотка

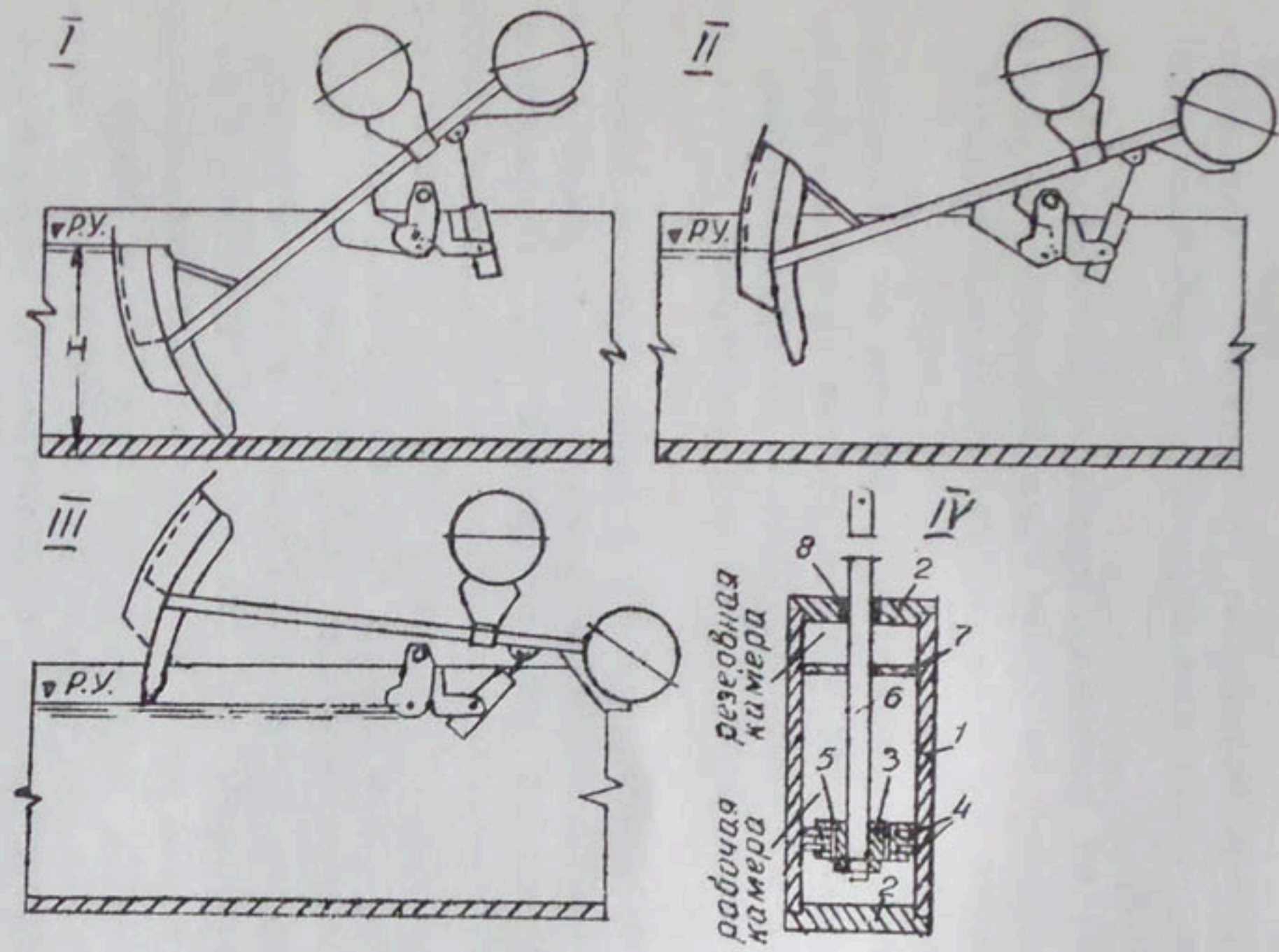


Рис.6. Затвор конструкции США-69:

I- затвор закрыт. В таком положении он может быть прижат к лотку и закреплен неподвижно; П - максимальное открытие затвора при работе в автоматическом режиме. Возможность опрокидывания исключается установкой упора-ограничителя; Ш- максимально возможное открытие затвора вручную. Он может быть неподвижно закреплен в таком положении; IУ - демпфер:
1- корпус; 2- крышки; 3- поршень; 4-кольца; 5- перепускные отверстия; 6- шток; 7- перегородка; 8- сальниковое уплотнение.

высотой 100 см. Один из них весной 1972 г. был установлен на опытном участке внутрипочвенного орошения в Голодностепском совхозе № 28 и испытывался в производственных условиях в течение июня специалистами института.

К сожалению, весь июнь по лотку, на котором был установлен испытуемый затвор, пропускался практически один и тот же расход - около 340 л/сек при нормальной глубине порядка 51 см. Поэтому расширить программу исследований удалось только с помощью искусственного подтопления автомата. Благодаря этому затвор испытывался при различных режимах истечения - от свободкого до затопленного, вплоть до минимального (1,0 см) перепада напоров.

Результаты исследований 1965 и 1972 гг. идентичны: устойчивость работы затвора высокая - испытуемый образец работал даже без демпфера; точность вполне достаточная - при поддержании горизонта воды на уровне оси вращения ошибка не превышала +0,9 ÷ -1,6 см.

Исследования показали, что затвор полностью соответствует своему назначению; конструкция его не вызывает никаких замечаний.

Демпфер, разработанный в типовом проекте 1969 г., нами не проверялся из-за отсутствия подходящих условий. Но демпфер аналогичной конструкции для затворов бо́льшего типоразмера проверялся на других сооружениях [8] и оказался вполне работоспособным.

В дополнение к экспериментам 1967 г. проверялась методика регулировки затвора на поддержание уровня, отличного от расчетного. Такая необходимость в производственных условиях может встретиться в двух вариантах:

1. Поддержание затвором уровня выше расчетного бывает необходимо: если лотковый канал используется для пропуска расхода больше расчетного; если для установки гидроавтомата не был предусмотрен гидравлический перепад или его величина оказалась недостаточной; если из-за ошибок в высотной привязке при строительстве лоткового канала командование его оказалось недостаточным.

Возможность повышения горизонта ограничена конструкцией лотка (нормативный запас, соответствующий Р.У., равен 10 см) и не превышает 5 см.

2. Поддержание затвором уровня ниже расчетного может понадобиться в том случае, когда проектное наполнение лотка меньше допустимой величины и излишний подпор воды на затворе вызывает нежелательное выпадение наносов.

Подобное явление связано с недостаточно экономичным использованием лотков. Встречается оно редко. Снижение наполнения не превышает 10 ÷ 15% от максимального.

По согласованию со службой эксплуатации опытного участка было решено провести проверку затвора на поддержание горизонта на 10% ниже расчетного, что соответствует наполнению 81 см.

Для проверки методики регулировка выполнялась в двух вариантах:

1. Не меняя положения балансира, заново произведено уравновешивание затвора: загрузкой противовеса при напорной грани поплавка на уровне 81 см; загрузкой балансира при закрытом затворе и горизонте воды на уровне 81 см. Результаты проверки работы затвора показаны на рис.7 (график 1). Ошибка регулирования значительная: +3,1 ÷ -1,7 см.

2. Поскольку в рассмотренном варианте регулировки допущена методическая неточность – загрузка балансира во втором положении нарушает равновесие, достигнутое в первом, был проведен другой способ регулировки, исключающий эту неточность: при уравновешивании затвора в первом положении (напорная грань на уровне 81 см) балансир был сдвинут по направляющим так, чтобы геометрический центр его емкости лежал на одной вертикали с осью вращения. Как видно из рис.7 (график 2), это заметно увеличило точность работы затвора. Ошибка уменьшилась до +0,8 ÷ -0,2 см. Следовательно, при наладке затвора на Р.У., отличный от расчетного, положение балансира необходимо корректировать (конструкция затвора позволяет это).

высотой 100 см. Один из них весной 1972 г. был установлен на опытном участке внутрипочвенного орошения в Голодностепском совхозе № 28 и испытывался в производственных условиях в течение июня специалистами института.

К сожалению, весь июнь по лотку, на котором был установлен испытуемый затвор, пропускался практически один и тот же расход - около 340 л/сек при нормальной глубине порядка 51 см. Поэтому расширить программу исследований удалось только с помощью искусственного подтопления автомата. Благодаря этому затвор испытывался при различных режимах истечения - от свободного до затопленного, вплоть до минимального (1,0 см) перепада напоров.

Результаты исследований 1965 и 1972 гг. идентичны: устойчивость работы затвора высокая - испытуемый образец работал даже без демпфера; точность вполне достаточная - при поддержании горизонта воды на уровне оси вращения ошибка не превышала +0,9 ÷ -1,6 см.

Исследования показали, что затвор полностью соответствует своему назначению; конструкция его не вызывает никаких замечаний.

Демпфер, разработанный в типовом проекте 1969 г., нами не проверялся из-за отсутствия подходящих условий. Но демпфер аналогичной конструкции для затворов бо́льшего типоразмера проверялся на других сооружениях [9] и оказался вполне работоспособным.

В дополнение к экспериментам 1967 г. проверялась методика регулировки затвора на поддержание уровня, отличного от расчетного. Такая необходимость в производственных условиях может встретиться в двух вариантах:

1. Поддержание затвором уровня выше расчетного бывает необходимо: если лотковый канал используется для пропуска расхода больше расчетного; если для установки гидроавтомата не был предусмотрен гидравлический перепад или его величина оказалась недостаточной; если из-за ошибок в высотной привязке при строительстве лоткового канала командование его оказалось недостаточным.

Возможность повышения горизонта ограничена конструкцией лотка (нормативный запас, соответствующий Р.У., равен 10 см) и не превышает 5 см.

2. Поддержание затвором уровня ниже расчетного может понадобиться в том случае, когда проектное наполнение лотка меньше допустимой величины и излишний подпор воды на затворе вызывает нежелательное выпадение наносов.

Подобное явление связано с недостаточно экономичным использованием лотков. Встречается оно редко. Снижение наполнения не превышает 10 ÷ 15% от максимального.

По согласованию со службой эксплуатации опытного участка было решено провести проверку затвора на поддержание горизонта на 10% ниже расчетного, что соответствует наполнению 81 см.

Для проверки методики регулировка выполнялась в двух вариантах:

1. Не меняя положения балансира, заново произведено уравновешивание затвора: загрузкой противовеса при напорной грани поплавка на уровне 81 см; загрузкой балансира при закрытом затворе и горизонте воды на уровне 81 см. Результаты проверки работы затвора показаны на рис.7 (график 1). Ошибка регулирования значительная: +3,1 ÷ -1,7 см.

2. Поскольку в рассмотренном варианте регулировки допущена методическая неточность – загрузка балансира во втором положении нарушает равновесие, достигнутое в первом, был проведен другой способ регулировки, исключающий эту неточность: при уравновешивании затвора в первом положении (напорная грань на уровне 81 см) балансир был сдвинут по направляющим так, чтобы геометрический центр его емкости лежал на одной вертикали с осью вращения. Как видно из рис.7 (график 2), это заметно увеличило точность работы затвора. Ошибка уменьшилась до +0,8 ÷ -0,2 см. Следовательно, при наладке затвора на Р.У., отличный от расчетного, положение балансира необходимо корректировать (конструкция затвора позволяет это).

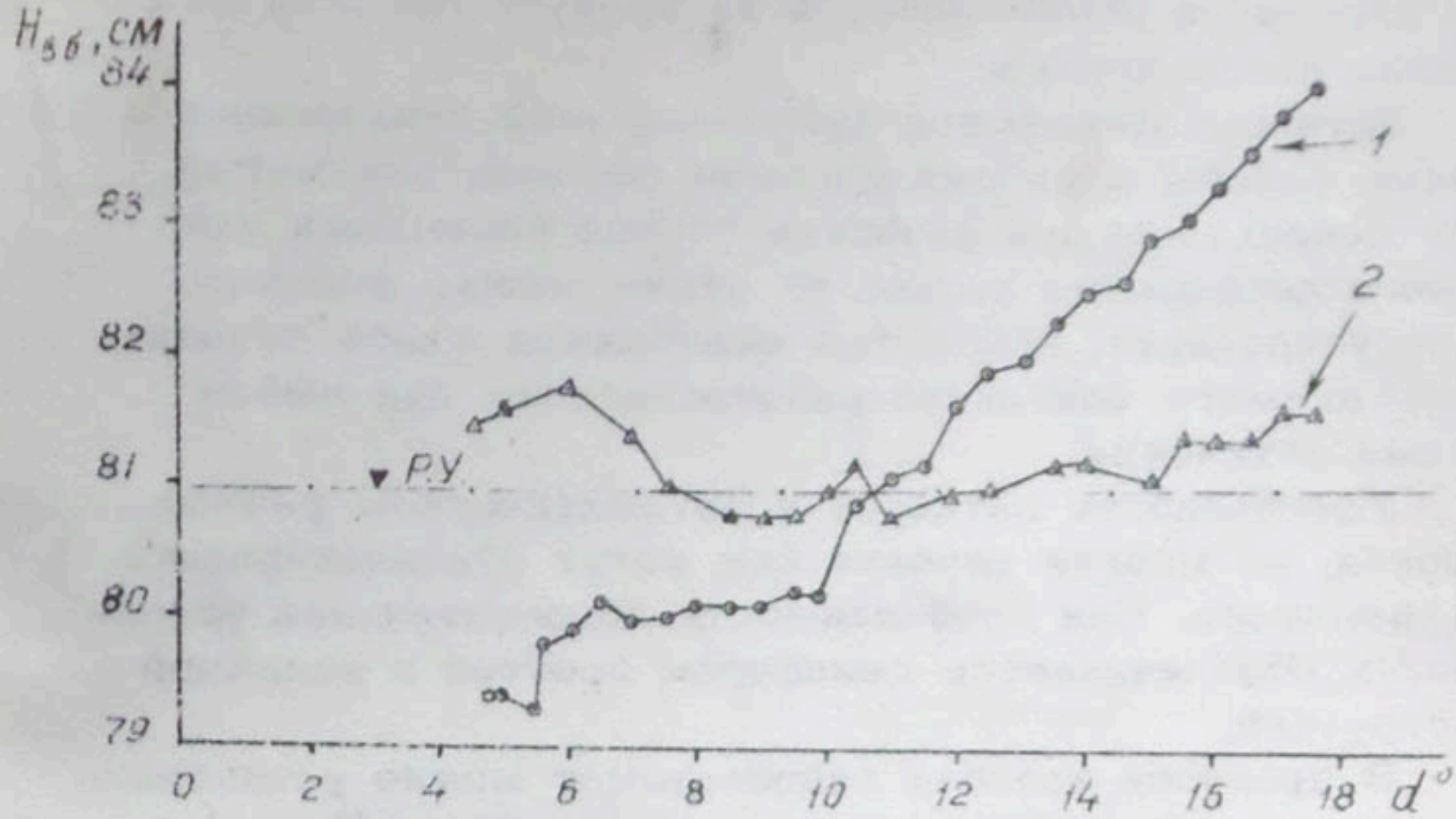


Рис.7. Зависимость горизонта воды, поддерживаемого затвором, от угла открытия при регулировании затвора на уровень, отличный от расчетного:

1- без корректировки положения балансира;
2- с корректировкой положения балансира.

В ы в о д ы

Производственными исследованиями 1967 и 1972 гг. проверена работоспособность двух из шести типоразмеров автоматических затворов для лотковых каналов: самого маленького (для лотка высотой 60 см) и самого большого (для лотка высотой 100 см; лотки высотой 120 см в Голодной степи не применяются). Это позволяет распространить выводы на все типоразмеры.

Затворы конструкции 1969 г., откорректированные на основании исследований 1967 г. и проверенные в 1972 г., работоспособны, надежны, просты в изготовлении, монтаже, наладке и эксплуатации, отвечают своему назначению и эксплуатационным требованиям и потому реко-

мендуются к широкому применению.

Монтаж и наладка одного затвора занимает в общей сложности 20–30 минут и не требует высокой квалификации исполнителей.

Затворы отличаются функциональной универсальностью: помимо работы в автоматическом режиме, они могут быть использованы в качестве глухой перемычки для полного перекрытия лотка; их также можно выводить из регулирования, полностью освобождая живое сечение.

Автоматы одинаково работоспособны при любом режиме истечения.

Устойчивость затворов в автоматическом режиме высокая, во многих случаях они могут функционировать без демпфера. При необходимости дополнительная устойчивость обеспечивается демпфером простой и надежной конструкции.

В процессе наладки гидроавтомат можно установить на поддержание любого напора в пределах от $H_{расч.} - 5$ см до $0{,}8\ H_{расч.}$ без существенного ухудшения качества регулирования.

Точность поддержания Р.У. вполне удовлетворительная: ошибка не превышает $\pm 2 \div 3$ см и почти не зависит от типоразмера затвора. Для конструкций водовыпусков, которые обычно обслуживаются рассматриваемыми затворами (автоматы расхода, вентильные затворы, сифонные водовыпуски), величина ее незначительна.

Эксплуатация затворов проста и сводится в основном к проведению мероприятий по пуску и консервации (окраска автоматов, смазка трущихся поверхностей, доливка демпфирующей жидкости и т.д.), а также к проверке и очистке затворов от мусора.

Типовой проект этих автоматов (альбом СПА–69) включает все необходимые материалы не только для изготовления, но и для привязки, монтажа, наладки и эксплуатации гидроавтоматов.

Затворами следует оснащать все узлы вододеления и устанавливать их на одном из отводов (как правило, с наибольшей пропускной способностью), предусматривая необходимый перепад напоров. Желательно предусматри-

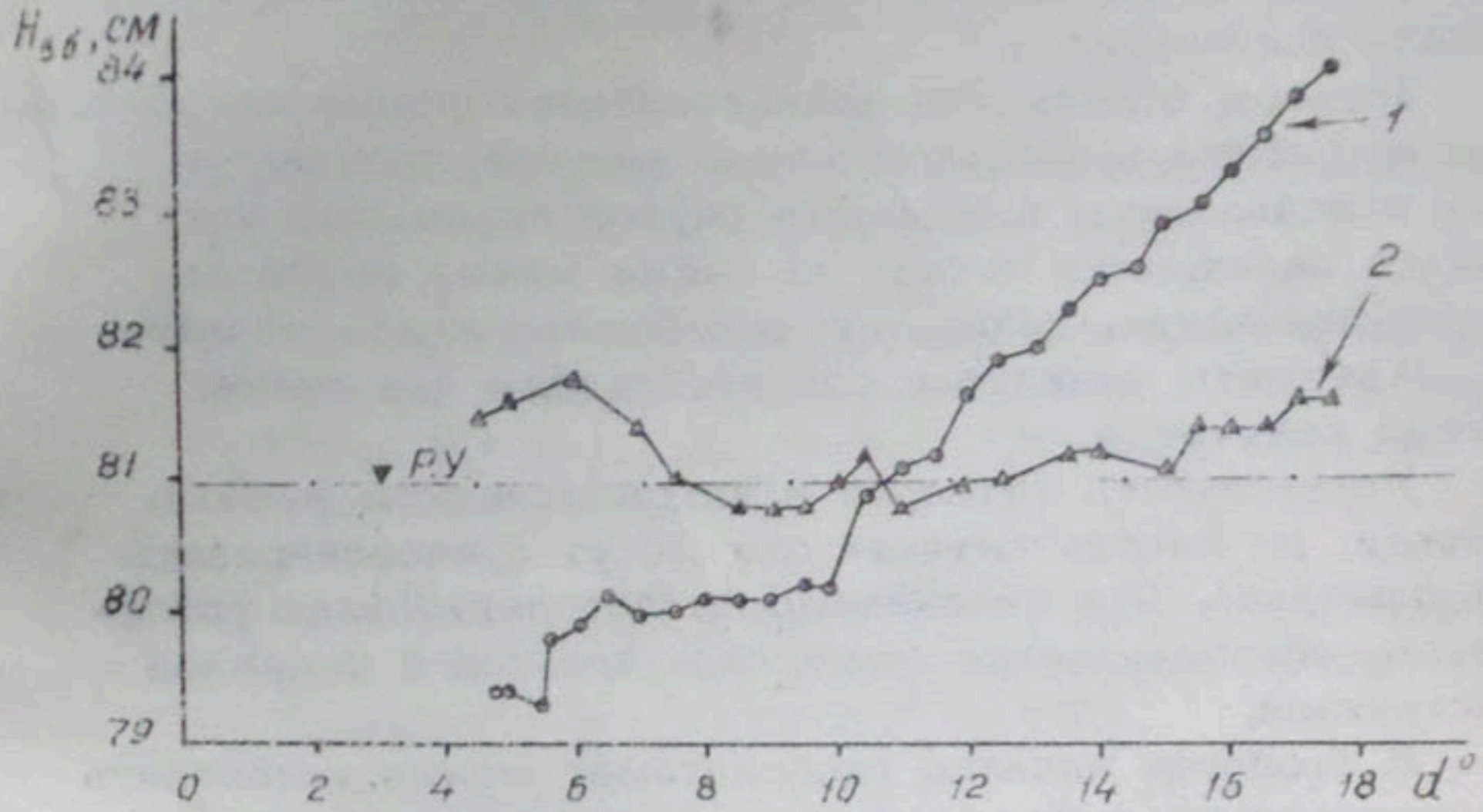


Рис.7. Зависимость горизонта воды, поддерживаемого затвором, от угла открытия при регулировании затвора на уровень, отличный от расчетного:

1- без корректировки положения балансира;
2- с корректировкой положения балансира.

В ы в о д ы

Производственными исследованиями 1967 и 1972 гг. проверена работоспособность двух из шести типоразмеров автоматических затворов для лотковых каналов: самого маленького (для лотка высотой 60 см) и самого большого (для лотка высотой 100 см; лотки высотой 120 см в Голодной степи не применяются). Это позволяет распространить выводы на все типоразмеры.

Затворы конструкции 1969 г., откорректированные на основании исследований 1967 г. и проверенные в 1972 г., работоспособны, надежны, просты в изготовлении, монтаже, наладке и эксплуатации, отвечают своему назначению и эксплуатационным требованиям и потому реко-

мендуются к широкому применению.

Монтаж и наладка одного затвора занимает в общей сложности 20–30 минут и не требует высокой квалификации исполнителей.

Затворы отличаются функциональной универсальностью: помимо работы в автоматическом режиме, они могут быть использованы в качестве глухой перемычки для полного перекрытия лотка; их также можно выводить из регулирования, полностью освобождая живое сечение.

Автоматы одинаково работоспособны при любом режиме истечения.

Устойчивость затворов в автоматическом режиме высокая, во многих случаях они могут функционировать без демпфера. При необходимости дополнительная устойчивость обеспечивается демпфером простой и надежной конструкции.

В процессе наладки гидроавтомат можно установить на поддержание любого напора в пределах от $H_{расч.}$ – + + 5 см до 0,8 $H_{расч.}$ без существенного ухудшения качества регулирования.

Точность поддержания Р.У. вполне удовлетворительная: ошибка не превышает $\pm$ 2 ÷ 3 см и почти не зависит от типоразмера затвора. Для конструкций водовыпусков, которые обычно обслуживаются рассматриваемыми затворами (автоматы расхода, вентильные затворы, сифонные водовыпуски), величина ее незначительна.

Эксплуатация затворов проста и сводится в основном к проведению мероприятий по пуску и консервации (окраска автоматов, смазка трущихся поверхностей, доливка демпфирующей жидкости и т.д.), а также к проверке и очистке затворов от мусора.

Типовой проект этих автоматов (альбом СПА–69) включает все необходимые материалы не только для изготовления, но и для привязки, монтажа, наладки и эксплуатации гидроавтоматов.

Затворами следует оснащать все узлы вододеления и устанавливать их на одном из отводов (как правило, с наибольшей пропускной способностью), предусматривая необходимый перепад напоров. Желательно предусматри-

вать применение этих затворов и вместо клапанных щитов, создающих подпор для забора воды на полив.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Научно-технический отчет "Исследования лотковых автоматов". САНИИРИ, 1958.

2. Типовой проект "Автоматы верхнего бьефа с поплавком на обшивке для параболических лотков глубиной 0,4 ÷ 1,2 м. Альбом СПА-63". Средазгипроводхлопок, 1963.

3. Научно-технический отчет "Исследования затворов-автоматов верхнего бьефа для лотковых каналов Голодной степи". САНИИРИ, 1961.

4. Технический отчет "Подготовка и проведение технадзора и контроля за работами по монтажу и наладке вододействующих автоматов на сооружениях ирригационных систем Голодной степи". Средазгипроводхлопок, 1965.

5. Научно-технический отчет "Исследования типовых затворов-автоматов верхнего бьефа с поплавком на обшивке". Средазгипроводхлопок, 1965.

6. Типовой проект "Автоматические вододействующие сегментные затворы для параболических лотков глубиной 0,6 ÷ 1,2 м. Альбом СПА-65". Средазгипроводхлопок, 1965.

7. Научно-технический отчет "Производственные исследования автоматизации водораспределения на опытном участке в совхозе № 1 Голодной степи. Исследования автоматических вододействующих затворов постоянного горизонта и расхода на лотковой сети". Средазгипроводхлопок, 1968.

8. Типовой проект "Автоматические вододействующие сегментные затворы для параболических лотков глубиной 0,6-1,2 м. Альбом СПА-69". Средазгипроводхлопок, 1969.

9. Промежуточный отчет "Внедрение автоматизации водораспределения в Голодной степи". Средазгипроводхлопок, 1972.

УДК 626.823.9

Р.М.ГОРБАЧЕВ, гл.спец.
(Средазгипроводхлопок)

ВОДОПРОНИЦАЕМОСТЬ БЕТОННОЙ ОБЛИЦОВКИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ

При характеристике водопроницаемости бетонной облицовки оросительных каналов целесообразно рассмотреть раздельно фильтрацию через бетон и водопроницаемость облицовки канала в целом. Такой подход к вопросу оправдан тем, что фильтрационные свойства бетонной облицовки, подверженной при эксплуатации действию различных внешних факторов, изменяются вследствие образования трещин в покрытии, расстройства швов или ухудшения свойств бетона. Каждый из перечисленных факторов вступает в действие в разное время и по-разному отражается на фильтрационной характеристике облицовки. Устранение дефектов и предупреждение причин, вызывающих повышенную фильтрацию через облицовку, достигается различными способами. Зная основные факторы, обусловливающие повышенные потери в облицованных каналах, можно подойти более обоснованно к проектированию, строительству и эксплуатации противофильтрационных бетонных покрытий.

Водопроницаемость бетона, количественно характеризуемая коэффициентом фильтрации, меняется в широких

пределах и зависит от состава бетона, технологии приготовления и укладки, режима твердения, возраста, напряженного состояния, условий эксплуатации сооружения и т.д. В табл.1 приведены значения коэффициента фильтрации бетона, уложенного в качестве противофильтрационного покрытия на каналах, по результатам натурных исследований.

Таблица 1

Коэффициент фильтрации бетона противофильтрационных покрытий каналов

Исполнители работ	Объект исследования	Коэффициент фильтрации бетона, см/сек
1	2	3
Средазгипроводхлопок	Монолитный бетон внутрихозяйственных оросителей Голодной степи после 4-6 лет работы каналов	$(0,6 \div 8).10^{-6}$
"	Монолитный бетон в зоне переменного увлажнения	$(3 \div 8).10^{-5}$
"	Монолитный бетон, подверженный солевой коррозии	$10^{-4} \div 10^{-5}$
"	Монолитный бетон внутрихозяйственных каналов Каршинской степи	$10^{-6} \div 10^{-8}$
"	Монолитный бетон ручной укладки, обработанный виброрейкой, на Каршинском магистральном канале	$(0,4 \div 3,3).10^{-8}$

1	2	3
Средазгипроводхлопок	Монолитный бетон, уложенный бетоноукладчиком конструкции ГСКБ по ирригации	$10^{-7} \div 10^{-8}$
	Вибропрокатные железобетонные плиты Джизакского завода	$10^{-6} \div 10^{-8}$
"	Малоармированные бетонные плиты конструкции САНИИРИ	$10^{-8} \div 10^{-8}$
"	Железобетонные лотки, бетон М300	$10^{-8} \div 10^{-9}$
В.А.Мелихов [1]	Монолитный бетон на средних и больших каналах	$(0,5 \div 5,0) \cdot 10^{-6}$
"	Монолитный бетон на хозяйственных каналах	$14 \cdot 10^{-6}$
"	Железобетонные плиты	$(0,1 \div 0,2) \cdot 10^{-6}$
Укрирводхоз [2]	Монолитный бетон на Северо-Крымском магистральном канале	$6,7 \cdot 10^{-7}$
"	Монолитный бетон и железобетонные плиты на Красногвардейской и Азовской ветках	$(1,2 \div 1,4) \cdot 10^{-7}$
С.Г.Хлебников, М.Р.Разумовская [3]	Монолитный бетон оросительных каналов Грузинской ССР	$10^{-5} \div 10^{-6}$
В.И.Д[illegible]ович [4]	Монолитный бетон Чирчикского деривационного канала	10^{-7}

Приведенные данные и опыт строительства показывают, что сооружение облицовок оросительных каналов с коэффициентом фильтрации уложенного бетона $10^{-7} \div 10^{-8}$ см/сек при современном уровне технологии – вполне осуществимая задача.

Для предварительного выбора проектной марки бетона можно воспользоваться табл.2, устанавливающей возможные диапазоны соотношений между марками бетона на портландцементе и коэффициентом фильтрации. Таблица составлена нами на основе действующих нормативных рекомендаций и результатов исследований водопроницаемости бетона.

Таблица 2

Показатели	Проектные марки бетона и коэффициенты фильтрации			
Марка по прочности при сжатии	100	150	200	250
Марка по морозостойкости	Мрз 50	Мрз 100	Мрз 150	Мрз 200
Марка по водонепроницаемости	В2	В4	В6	В8
Коэффициент фильтрации, см/сек	10^{-6}	$10^{-6} \div 10^{-7}$	$10^{-7} \div 10^{-8}$	$10^{-8} \div 10^{-8}$

При выбранной марке и установленном значении коэффициента фильтрации бетона расчет фильтрационного расхода через сплошное тело облицовки в зависимости от условий работы канала (свободная или подпертая фильтрация) можно выполнить по известным рекомендациям [5,6] с учетом возможных изменений свойств бетона во времени в конкретных условиях эксплуатации.

В большинстве случаев фильтрационные потери из облицованных каналов значительно превосходят расчет-

ные, определенные по показателю коэффициента фильтрации бетона. Это объясняется появлением трещин в облицовке и расстройством швов.

Сопоставление значений коэффициента фильтрации бетона и коэффициента фильтрационных потерь облицовки [1,7] показывает, что через швы и трещины в бетоне фильтруется бо́льшая часть расхода, составляющая в зависимости от качества покрытия 80–97% общих потерь.

Эффективным средством уменьшения количества трещин в бетонной облицовке является рациональное расположение конструктивных и температурно-усадочных швов.

На каналах Украинской ССР [1] глубиной 1,2–1,7 м переход традиционного шва облицовки с подошвы на 1/3 высоты откоса способствовал резкому снижению количества трещин и сокращению фильтрации. В Болгарии [8] аналогичная конструкция бетонной облицовки, вследствие деформации швов, оказалась менее эффективной, чем облицовка только с поперечными швами; последняя широко применяется при облицовке каналов с глубиной наполнения 0,4–1,4 м.

На внутрихозяйственных каналах Голодной степи поперечные температурные швы устраивались через 12–20 м, а ложные – через 4–5 м. Вследствие усадки бетона и температурной деформации швы, заделанные композициями на битумной мастике, раскрывались – материал или выдавливался из шва, или отслаивался от бетона. В последующем широкое распространение получил шов-диафрагма из полиэтиленовой пленки, защемляемый в бетон, успешно опробованный впервые в стране на Верхне-Дальварзинском и Янтакском машинных каналах в 1964 г. (проект инж.В.И.Антонова). Потери на фильтрацию из этих каналов значительно меньшие, чем на каналах с традиционными швами.

Широкое развитие в 60-х годах работ по орошению и освоению земель вызвало необходимость разработки герметичной и надежной конструкции шва в каналах со сборной железобетонной облицовкой. По предложению Голодностепстроя [9] в 1964–1966 гг. осуществляется переход на бетонопленочную облицовку в сборном и монолитном вариантах. Этот вид противофильтрационного покрытия исключает про-

блему шва, так как водоупорным элементом является сплошной полиэтиленовый пленочный экран, а потери из каналов, вызванные случайным повреждением пленки, минимальны [7].

Рассмотрим общие количественные закономерности фильтрации из каналов с бетонной одеждой без специального гидроизоляционного слоя при наличии трещин, раскрытых швов и других дефектов.

Трещинообразование в бетонной облицовке вызывается усадкой бетона и напряженным состоянием конструкции, воспринимающей эксплуатационную нагрузку (давление воды).

Усадка бетона, достаточно полно изученная в лабораторных условиях [3,11], имеет специфические особенности в построенной облицовке, главным образом из-за масштабного фактора.

Наблюдения на каналах Голодной и Каршинской степей показывают, что усадка бетона происходит на протяжении примерно 1,5-2 лет. Величина ее зависит от состава бетона и ухода за ним. В обычных условиях, при влажностном уходе за бетоном в течение 3-7 дней, она составляет 0,3-1,2 мм/м, причем для раннего трещинообразования характерна большая величина усадки, так же как и для свободно уложенных полос бетонирования, разделенных сквозными деформационными швами.

В ложных швах, при расстоянии между ними 5,0 м и удельной усадке 0,3-0,5 мм/м, раскрытие трещин составляет 1,5-2,5 мм. Усадочные трещины, образованные в сплошном бетоне, имеют величину 0,8-4,0 мм, расстояние между ними 4-12 м. Полосы бетонирования длиной 15-20 м, разделенные сквозными швами, укорачиваются от усадки на 12-15 мм.

Длительный влажностный уход за бетоном снижает усадку в 1.5-2 раза, армирование бетона - в 2-3 раза.

Набухание бетона в воде в 3-8 раз меньше усадки. Следовательно, раскрытие усадочных трещин незначительно компенсируется набуханием бетона.

Трещины, вызванные напряженным состоянием облицовки (после наполнения канала водой), имеют раскрытие 0,2 ÷ 1,0 мм, характерные - 0,3÷0,5 мм. При длине откосов

более 4–5 м они чаще всего располагаются в продольном, относительно оси канала, направлении, реже – в поперечном, и еще реже встречаются наклонные и беспорядочно ориентированные трещины.

Таким образом, вследствие напряженного состояния и усадки бетона облицовка толщиной 10–14 см делится на блоки с максимальным размером 3х6,5 м и минимальным – 2,5 х 3,5 м, ширина раскрытия трещин – от долей миллиметра до 3–5 мм и более.

Фильтрационный расход незаиленных трещин, при плотном прилегании облицовки к подстилающему грунту, зависит от ширины раскрытия трещины, действующего напора, капиллярных и фильтрационных свойств грунта и может быть вычислен по табл. 3, в которой приняты следующие условные обозначения:

q – фильтрационный расход через незаиленную трещину, $м^3$/сутки/м;

Δ – ширина раскрытия сквозной трещины, мм;

K – коэффициент фильтрации подстилающего грунта, м/сутки;

H – напор воды над трещиной, м;

$H_к$ – капиллярное давление, равное $0{,}5\ h_к$, м;

$h_к$ – высота капиллярного поднятия воды в грунте, м.

Табл. 3 составлена нами на основе работы Н.К.Гиринского [27], в которой рассматривается фильтрация из канала с вертикальными непроницаемыми стенками через ложе в однородный грунт. Опыты, выполненные в натурных условиях, при подстилающем грунте в виде легких суглинков, супесей и пылеватых тонкозернистых песков, показали хорошую сходимость наблюденных и вычисленных по табл.3 значений фильтрационных расходов через трещины шириной 1–3,5 мм.

Таблица 3

Значения $\frac{q}{K}$ при разной ширине трещин

$H+H_к$, м	Значения $\frac{q}{K}$ при				
	Δ=0,5мм	Δ=1мм	Δ=3мм	Δ=5мм	Δ=10мм
0,50	0,39	0,42	0,48	0,52	0,58
1,00	0,72	0,73	0,87	0,93	1,04
1,50	1,05	1,14	1,26	1,32	1,45
2,00	1,37	1,48	1,62	1,71	1,86
2,50	1,67	1,78	1,99	2,10	2,25
3,00	1,97	2,07	2,35	2,48	2,64
3,50	2,23	2,36	2,69	2,86	3,03
4,00	2,53	2,70	3,03	3,21	3,42
5,00	3,17	3,28	3,69	3,90	4,17
6,00	3,76	3,87	4,35	4,59	4,92
7,00	4,30	4,44	5,00	5,25	5,67
8,00	4,84	5,00	5,66	5,92	6,41
9,00	5,34	5,52	6,25	6,58	7,11
10,00	5,84	6,08	6,84	7,25	7,82

Пример 1. Определить фильтрационный расход через горизонтальную трещину длиной 1,0 м, шириной раскрытия 3 мм, если действующий напор H=1,5 м. Подстилающий грунт – супесь, коэффициент фильтрации которого K=0,6 м/сутки, $H_к$ = 0,5 м.

Имеем $H+H_к$ =1,5+0,5=2,0 м. Из табл.3 при Δ =3мм находим $\frac{q}{K}$ = 1,62. Тогда q =1,62·K=1,62·0,6= =0,97 м^3/сутки/м = 970 л/сутки/м.

В процессе эксплуатации каналов трещины в бетонной облицовке заиливаются и самоуплотняются.

Самоуплотнение трещин в бетоне сопровождается отложением карбонатов в полости трещины, то есть их механической закупоркой. Исследованиями ТНИСГЭИ установлено, что самоуплотнение трещин протекает и при

весьма высоких градиентах напора (до 900), а интенсивность его возрастает с повышением бикарбонатной щелочности воды. В табл. 4, составленной нами на основе работы [13], приводятся результаты изменения фильтрационного расхода во времени для самоуплотнившихся трещин различного раскрытия при фильтрации воды с бикарбонатной щелочностью 1,0–3,2 мг-экв/л.

Таблица 4

Динамика фильтрационного расхода через трещины в бетоне в процессе их самоуплотнения

Раскрытие трещины, мм	Фильтрационный расход (л/сутки на 1 пог.м) трещины при гидравлическом градиенте напора $J=1$ и разных длительностях фильтрации			
	в начальный момент	через полгода	через год	через два года
0,1	8,65	0,026	0,004	–
0,2	86,50	0,070	0,009	0,001
0,3	173,00	0,140	0,022	0,003
0,4	346,00	3,460	0,860	0,120
0,5	692,00	86,500	78,000	52,000

Эти данные показывают, что самоуплотнение тем больше, чем меньше раскрытие трещины и длительнее фильтрация. Результаты натурных измерений фильтрации через трещины раскрытием до 0,4 мм, образовавшиеся в железобетонной облицовке оросительных каналов и лотков-каналов Голодной степи, близки к показателям, приведенным в табл.4.

Ввиду незначительной фильтрации через трещины раскрытием менее 0,4 мм и их относительно малой удельной протяженности при определении потерь воды ими можно пренебречь.

На просадочных, загипсованных и суффозионно-неустойчивых грунтах требования к трещиностойкости облицовки должны обосновываться специальными расчетами, в которых учитывается развитие во времени явлений просадки,

выщелачивание гипса или суффозии, зависящие от интенсивности фильтрации.

Заиление (кольматация) трещин в бетоне уменьшает водопроницаемость облицовки. Процессы заиления трещин изучены пока еще недостаточно полно. Известные работы /14,15/ и наш собственный опыт исследований позволяют говорить о следующих основных закономерностях, характеризующих водопроницаемость заиленных трещин в бетонной облицовке.

Чем больше глинистых фракций в водной суспензии постоянной концентрации и выше напор над устьем трещины, тем меньше водопроницаемость заиленной трещины.

Заиление трещин, особенно при малом раскрытии их и при менее дисперсном заиляющем материале, происходит не на полную глубину трещины. Наблюдения на облицованных бетоном внутрихозяйственных каналах в Голодной степи показали, что при раскрытии трещин на 1,5–2 мм заиление их происходит на 0,1–0,6 глубины; при большем раскрытии, 3–4 мм, – на всю глубину.

Фильтрация через трещины, заиленные глинистыми фракциями, подчиняется линейному закону, то есть фильтрационные расходы пропорциональны градиенту напора.

Величина фильтрационного расхода зависит от ширины раскрытия заиленной трещины: чем больше трещина, тем больше фильтрация. Необходимо отметить, что фильтрационные расходы через трещины до 1,5 мм меняются в более широком интервале, чем через трещины раскрытием 3–5 мм.

Фильтрация через заиленные трещины в бетонном покрытии оросительных каналов зависит также от термического режима. Суточные колебания температуры воды в пределах 2-6°С, увеличивающие циклично раскрытие трещин, существенно влияют на фильтрацию. В наших опытах фильтрационные расходы через трещины в бетонной облицовке внутрихозяйственных оросителей в утренние часы были в 2,5–9 раз выше, чем вечером. Замечено также, что каналы с трещиноватой облицовкой фильтруют зимой больше, чем летом /16/.

Наконец, эффект заиления трещин зависит от скорости

воды в канале. При скоростях более 1,5–2 м/сек заиления почти не происходит.

Для практических расчетов фильтрации через заиленные трещины рекомендуем пользоваться табл.5. В ней приводится также характеристика водопроницаемости некоторых типов швов и стыков в бетонной облицовке оросительных каналов.

Таблица 5

Водопроницаемость заиленных трещин в бетоне, швов и стыков

Типы трещин, швов и стыков	Фильтрационный расход (л/сутки/м) при градиенте напора $J=1$
1	2
Данные Средазгипроводхлопка	
Трещины в железобетонной облицовке раскрытием менее 0,4 мм	$\frac{0,1 \div 0,8^{x)}}{0,2}$
Трещины в бетонной облицовке внутрихозяйственных каналов Голодной степи с раскрытием более 2 мм	$\frac{4,0 \div 12,5}{6,0}$
Разрушенные битумные швы внутрихозяйственных каналов Голодной степи	$\frac{6,5 \div 18,0}{10,0}$
Строительные стыки в железобетонной облицовке	$\frac{0,15 \div 6,5}{1,8}$
Строительные стыки в бетонной облицовке	$\frac{0,7 \div 7,6}{2,5}$

1	2
Данные УкрНИИГиМ [1,17]	
Обычные битумно-цементные швы	1,2 ÷ 3,5 / 1,4
Битумно-цементные швы с прогрунтовкой	0,55
Дощатые швы под водой	0,70
Резиновые шпоночные швы	0,10
Резиновые клееные стыки под водой	0,24
Бетонные, цементные стыки	1,2
Трещины в монолитной облицовке	1,2 ÷ 3,5 / 1,6

x) В числителе даны интервалы изменения водопроницаемости, в знаменателе – ее среднее значение.

Пример 2. Определить фильтрационный расход через горизонтальную заиленную трещину длиной 1,0 м при толщине бетонной облицовки δ = 10 см и напоре воды H = 1,5 м.

Для условий Голодной степи (табл.5) фильтрация через заиленную трещину шириной более 2 мм при градиенте напора, равном единице, составляет 6,0 л/сутки/м. Действующий градиент напора $J = \frac{H+\delta}{\delta}$ = 16, тогда фильтрационный расход через трещину составит 6,0·16 = = 96 л/сутки/м.

Используя приведенные данные, зная протяженность и расположение трещин, стыков и швов в бетонной облицовке, можно определить фильтрационные потери через них на построенных и бывших в эксплуатации каналах.

воды в канале. При скоростях более 1,5–2 м/сек заиления почти не происходит.

Для практических расчетов фильтрации через заиленные трещины рекомендуем пользоваться табл.5. В ней приводится также характеристика водопроницаемости некоторых типов швов и стыков в бетонной облицовке оросительных каналов.

Таблица 5

Водопроницаемость заиленных трещин в бетоне, швов и стыков

Типы трещин, швов и стыков	Фильтрационный расход (л/сутки/м) при градиенте напора $J=1$
1	2
Данные Средазгипроводхлопка	
Трещины в железобетонной облицовке раскрытием менее 0,4 мм	$\frac{0,1 \div 0,8^{x)}}{0,2}$
Трещины в бетонной облицовке внутрихозяйственных каналов Голодной степи с раскрытием более 2 мм	$\frac{4,0 \div 12,5}{6,0}$
Разрушенные битумные швы внутрихозяйственных каналов Голодной степи	$\frac{6,5 \div 18,0}{10,0}$
Строительные стыки в железобетонной облицовке	$\frac{0,15 \div 6,5}{1,8}$
Строительные стыки в бетонной облицовке	$\frac{0,7 \div 7,6}{2,5}$

1	2
Данные УкрНИИГиМ /1,17/	
Обычные битумно-цементные швы	$\frac{1,2 \div 3,5}{1,4}$
Битумно-цементные швы с прогрунтовкой	0,55
Дощатые швы под водой	0,70
Резиновые шпоночные швы	0,10
Резиновые клееные стыки под водой	0,24
Бетонные, цементные стыки	1,2
Трещины в монолитной облицовке	$\frac{1,2 \div 3,5}{1,6}$

x) В числителе даны интервалы изменения водопроницаемости, в знаменателе – ее среднее значение.

Пример 2. Определить фильтрационный расход через горизонтальную заиленную трещину длиной 1,0 м при толщине бетонной облицовки δ = 10 см и напоре воды H = 1,5 м.

Для условий Голодной степи (табл.5) фильтрация через заиленную трещину шириной более 2 мм при градиенте напора, равном единице, составляет 6,0 л/сутки/м. Действующий градиент напора $J = \frac{H+\delta}{\delta}$ = 16, тогда фильтрационный расход через трещину составит 6,0·16 = = 96 л/сутки/м.

Используя приведенные данные, зная протяженность и расположение трещин, стыков и швов в бетонной облицовке, можно определить фильтрационные потери через них на построенных и бывших в эксплуатации каналах.

Следует учитывать, что локальные очаги фильтрации в виде расстроенных швов, трещин и стыков в бетоне даже в заиленном состоянии значительно снижают противофильтрационную эффективность бетонной облицовки. Поэтому рекомендуется шире применять бетонопленочную облицовку, более долговечную и надежную в эксплуатации, не имеющую недостатков бетонной облицовки.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.А.Олехнович. О качестве бетонных облицовок каналов Украинской ССР. "Гидротехника и мелиорация", 1970, № 1.

2. Отчет по теме "Исследование в полевых и лабораторных условиях фильтрационных процессов на Северо-Крымском канале". Киев, Укргипроводхоз, 1970.

3. С.Г.Хлебников, М.Р.Разумовская. Потери воды на фильтрацию через трещины в бетонной одежде каналов. „Труды ГрузНИИГиМ," вып. 22, Тбилиси, 1963.

4. В.И.Давидович. Некоторые фильтрационные вопросы деривации Чирчикских гидроустановок. "Материалы совещания по гидротехническим сооружениям на слабых основаниях". М.-Л., Стройиздат, 1941.

5. С.В.Васильев и др. Методы фильтрационных расчетов гидромелиоративных систем. Под ред. Н.Н.Веригина. М., "Колос", 1970.

6. Р.М.Горбачев. Расчет фильтрационных потерь из экранированных каналов (случай свободной установившейся фильтрации). "Вопросы гидротехники и мелиорации". Труды ТИИИМСХ," вып.47, Ташкент, 1971.

7. Р.М.Горбачев. Некоторые результаты изучения фильтрационных потерь из оросительной сети Голодной степи. „Труды института "Средазгипроводхлопок", вып.1, Ташкент, 1971.

8. Здравко Дьянков. Определяне на фильтрацията през облицованите канали. "Хидротехника и мелиорации", 1963, № 9 (болг.).

9. В.А.Духовный. Комбинированное антифильтрационное покрытие земляных каналов. "Гидротехника и мелиорация", 1968, № 3.

10. С.В.Александровский. Расчет бетонных и железобетонных конструкций на температурные и влажностные воздействия (с учетом ползучести). М., Стройиздат, 1966 .

11. В.В.Стольников, Р.Е.Литвинова. Требования к материалам для гидротехнического бетона ь связи с усадочным трещинообразованием. „Труды координационных совещаний по гидротехнике", вып. 60, "Энергия", Ленинградское отделение, 1971.

12. Н.К.Гиринский. Определение коэффициента фильтрации песков и супесей по данным налива в шурфы. "Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии", М., Госгеолиздат, 1953.

13. Г.П.Вербецкий. Фильтрационные свойства трещин в бетоне. „Труды координационных совещаний по гидротехнике," вып. 48, "Энергия", Ленинградское отделение, 1970.

14. Г.Х.Праведный. Кольматаж мелких трещин в бетоне. „Известия ВНИИГ," т.61, М.-Л.,Госэнергоиздат, 1958.

15. К.А.Чечелашвили. Исследование кольматации трещин в бетоне при фильтрации мутной воды. „Известия ТНИСГЭИ," т.19 (53), М., "Энергия", 1969.

16. Г.М.Гольденберг. Фильтрация из деривационного канала гидроэлектростанции. "Гидротехническое строительство", 1945, № 3.

17. В.А.Олехнович, В.И.Ермаков, А.Ф.Пузанов. Исследование фильтрационных потерь на каналах Ингулецкой оросительной системы. Республиканский межведомственный научно-технический сборник "Водное хозяйство", вып.3, Киев, "Урожай," 1965.

18. Г.В.Абелишвили, М.Р.Разумовская, Т.Г.Жордания. Роль фильтрации через трещины и пути повышения водонепроницаемости бетонных облицовок каналов. „Труды координационных совещаний по гидротехнике," вып.68, "Энергия", Ленинградское отделение, 1971.

УДК 622.271:539.37:627.152:626-33

В.С.ПОПОВ, гл.спец.
(Средазгипроводхлопок)

РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ВЛИЯНИЕМ КАРЬЕРОВ НА ДЕФОРМАЦИЮ РУСЕЛ РЕК В БЬЕФАХ ГИДРОУЗЛОВ

На реках Советского Союза ежегодно возводятся сотни сложнейших комплексов водозаборных, гидроэнергетических, сбросных сооружений, переходов линий электропередач, мостовые переходы, проводятся русловыпрямительные, защитные и другие мероприятия. Эти сооружения обычно вызывают местное сжатие потока и нарушение бытовых условий протекания.

В бьефах гидроузлов происходит переформирование русла реки, сущность которого заключается в следующем:

в верхнем бьефе, с появлением подпора, увеличивается живое сечение, уменьшаются уклоны водной поверхности и скорости протекания потока, что приводит к резкому уменьшению транспортирующей способности и, как след-

ствие, отложению всех донных и части взвешенных наносов;

в нижний бьеф поступает осветленная вода, обладающая значительной транспортирующей способностью и размывающая русло реки на большом протяжении. Вследствие понижения отметок дна понижается и горизонт воды;

процесс размыва дна в нижнем бьефе усугубляется и ускоряется при отборе нерудных (инертных) материалов из русел рек.

Карьеры инертных материалов в руслах рек. Бурное развитие ирригационного, промышленного, дорожного и гражданского строительства требует создания большого количества карьеров по разработке и добыче камня, гравийно-песчаных и песчаных смесей.

Наносные отложения в пойме и русле реки - наиболее подходящий и доступный вид инертных материалов, так как гранулометрический состав наносов близок к оптимальному составу инертных заполнителей для бетонов и фронт работ по их добыче практически не ограничен.

Самым удобным местом для отбора отложений в русле рек являются нижние бьефы гидроузлов. Заложение карьеров ниже гидросооружений обуславливается зарегулированностью расхода, простотой и дешевизной борьбы с затоплением карьерного хозяйства при пропуске паводка, ограниченностью ширины потока, а также отсутствием в гравийно-песчаных отложениях глинистых и пылеватых частиц, вымываемых из отложений при проходе паводка.

Карьерные хозяйства можно закладывать и в верхних бьефах гидроузлов. Отбор грунта из русла реки в верхнем бьефе удлиняет период занесения верхнего и общего размыва нижнего бьефа, что приводит к увеличению общего размыва и понижению горизонтов воды в нижнем бьефе гидроузла.

Разработка грунта в русле ниже сооружения вызывает изменение продольных уклонов реки, увеличение скоростей протекания и, как следствие, транспортирующей и размывающей способности потока. Интенсивность понижения дна и горизонтов воды при этом резко возрастает и зависит от годового объема материала, отбираемого из русла реки,

расстояния от карьеров нерудных материалов до створа плотины, схемы разработки, планового расположения и глубины заложения карьеров.

Недоучет влияния карьеров на общие размывы нижних бьефов гидроузлов при проектировании ведет к ухудшению работы водобойной и сливной частей сооружения. При этом, как правило, за сбросами образуется отогнанный прыжок воды, сразу за сливной частью возникают большие местные размывы, которые приводят к разрушению крепления нижнего бьефа. Ремонт и реконструкция его требуют огромных денежных и трудовых затрат.

В институте "Средазгипроводхлопок" были обработаны и проанализированы результаты многолетних натурных наблюдений за русловыми деформациями у гидроузлов, выполненных Средазгипроводхлопком, Узгипроводхозом и САНИИРИ. Исследование проводилось для выяснения влияния карьеров на общее понижение горизонта воды и дна в нижних бьефах сооружений.

Наиболее полные данные собраны по русловым деформациям у Тюябугузского гидроузла на реке Ахангаран, Южно-Сурханского на Сурхандарье, Чимкурганского на Кашкадарье, Аккарадарьинского на реке Зарафшан, Карасуйского на реке Чирчик.

В табл.1 приведена гидрологическая характеристика участков рек у перечисленных гидроузлов.

Данные натурных наблюдений
за русловыми деформациями у гидроузлов

Т ю я б у г у з с к и й гидроузел. Строительство гидроузла начато в 1955 г., завершено в 1962 г. Сбросное сооружение функционирует с 1960 г.

Расчет общего понижения горизонта воды и дна реки за гидроузлом был выполнен по методу проф.С.Т.Алтунина [1,2] с учетом естественной самоотмостки, но без учета влияния карьеров. Величина общего понижения дна и горизонта воды определилась равной 3,5 м (рис.1). В проектном задании заложение карьерного хозяйства в русле реки у гидроузла не предусматривалось. Решение

Таблица 1

ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УЧАСТКОВ РЕК У ГИДРОУЗЛОВ

Река, г/у	Год сдачи г/у в эксплуатацию	Объем водохранилища, млн. м³		Срок заиления и занесения, в годах		Перепад в горизонтах воды, м	Глубина водохранилища, м		Расчетные расходы процента обеспеченности, м³/сек			Максимальные наблюденные расходы в створе плотины, м³/сек	Среднемноголетний сток реки в створе плотины в бытовых условиях			Диаметр отложений, мм		Уклон реки в бытовых условиях на рассматриваемом участке
		полный	мертвый	мертвого объема	полного объема		максимальная	средняя	0,1	1	10		годовой, млн. м³	твердый, тыс.т взвешенный	твердый, тыс.т донный	средний	максимальный	
Среднеапорные гидроузлы																		
Река Ахангаран, Тюябугузский	1960	250	18	16	185	36,0	31,5	15	1090	984	–	500	340-1440	1340		24,7	–	0,00230
Река Сурхандарья, Южно-Сурханский	1962	800	80	13	120	25,0	27,0	12	1670	1250	748	807	2640	6600	100	5,8-6,9	22-45	0,00100
Река Кашкадарья, Гиссаркурганский	1960	500	50	42	417	26,2	30,0	15	855	588	286	338	797	1721	78,2	12,0	40	0,00084
Низконапорные гидроузлы																		
Река Зарафшан, Каттакурганский	1870	–	–	–	–	6,7	–	–	840	685	526	562	3110	5880	277	12,0	180	0,00420
Река Чирчик, Ташкентский	1852	–	–	–	–	5,7	–	–	1700	1450	1150	485	–	1780	488	82,0	250	0,00440

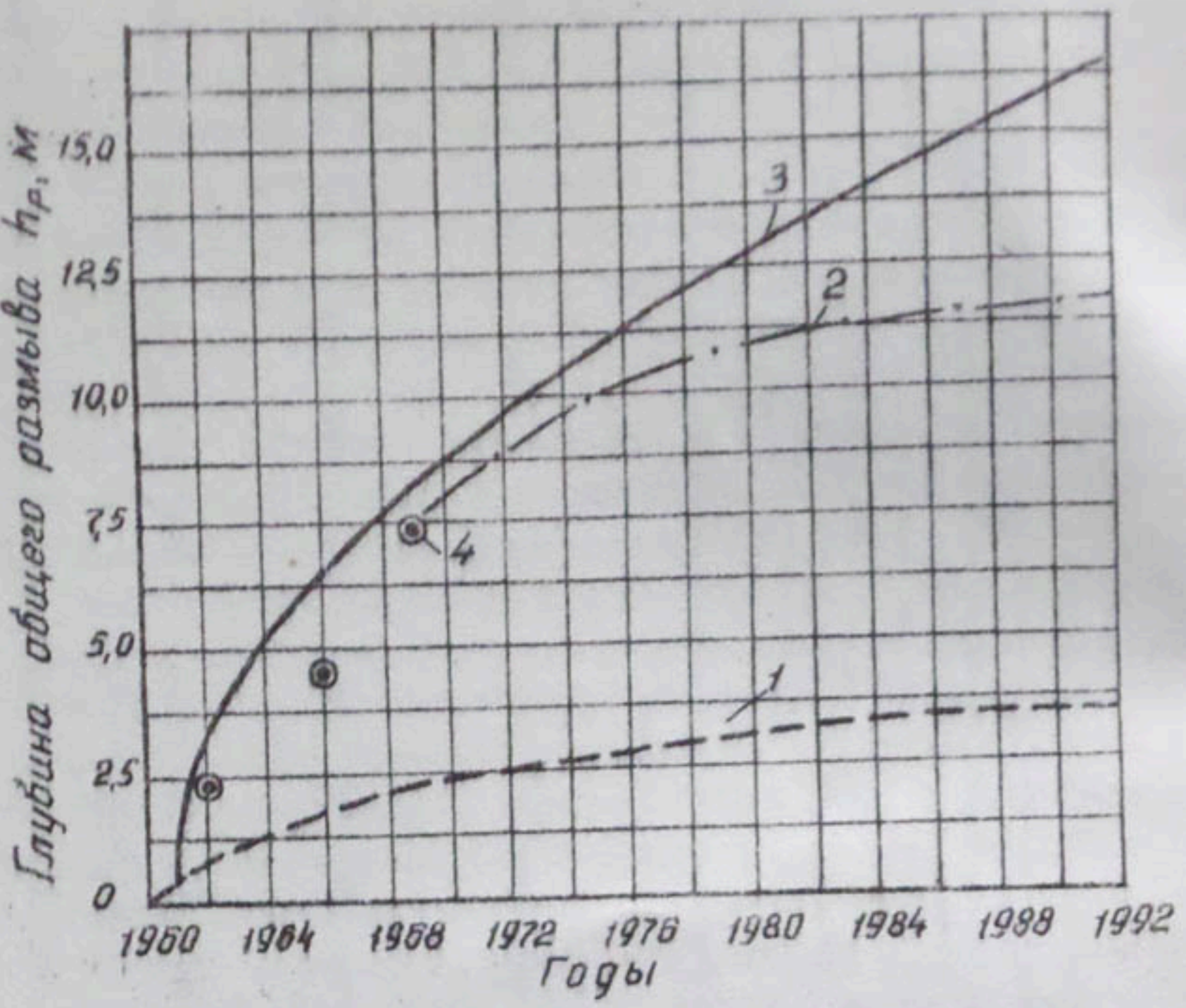


Рис.1. Изменение глубины общего размыва во времени $h_р = f(t)$:
1- по первоначальному проекту без учета карьеров; 2- принятое в проекте реконструкции; 3- по расчетам Средазгипроводхлопка с учетом влияния карьеров; 4- по результатам натурных наблюдений.

о создании завода железобетонных изделий мощностью 12 тыс.м^3 в год было принято в период строительства. Фактическая же производительность предприятия за 8 лет эксплуатации в среднем составила 60-70 тыс.м^3 в год.

До 1968 г. сбросное сооружение работало нормальн

После пропуска многоводного паводка 1969 г. обще понижение горизонта воды за рисбермой сброса достигло 7,4 м (см.рис.1), процесс гашения избытка энергии пото

на водобое практически прекратился и за рисбермой образовалась воронка размыва глубиной, превышающей расчетную.

Анализ причин столь резкого общего понижения уровня реки Ахангаран за гидроузлом, проведенный институтом "Узгипроводхоз", подтвердил огромное влияние карьерного хозяйства на процесс общего размыва. За 10 лет эксплуатации карьеров (1960–1968 гг.) из русла реки было вывезено около 1 млн.м^3 гравийно-песчаной смеси, из них заводом железобетонных изделий – более 600 тыс.м^3, остальная часть – СМУ Ташкентского моря и дорожными организациями трех прилегающих районов.

Объем же гравийно-песчаного материала, который мог унести поток при пропусках воды из водохранилища за 10 лет работы сброса, определенный по формуле проф. В.Н.Гончарова [3], равен 750 тыс.м^3, из них в 1968 г. – 385 тыс.м^3. Общее снижение горизонта воды и русла реки ниже гидроузла за счет сноса гравийно-песчаной смеси потоком к 1970 г. не должно было превышать трех метров. Дополнительное понижение вызвано разработкой карьеров инертных материалов, расположенных в русле, и составляет

$$H_p = 7{,}4 \text{ м} - 3 \text{ м} = 4{,}4 \text{ м}.$$

Это подтверждается результатами натурных обследований в нижнем бьефе гидроузла на участке протяженностью 11 км и съемками продольного и поперечных сечений реки.

В 1970 г. нижний бьеф оросного сооружения был усилен. Проект реконструкции, составленный Узгипроводхозом, предусматривал возможность дальнейшего понижения горизонта воды и дна к 2000 г. еще на 4 м (без учета влияния карьерного хозяйства).

Отдел гидротехнических исследований института "Средазгипроводхлопок" выполнил проверочные расчеты деформации русла реки в нижнем бьефе гидроузла с учетом влияния существующих карьеров, расположенных в пяти километрах от створа плотины и имеющих годовую производительность 130–150 тыс.м^3 и глубину разработки $h_к$ = 3 м. В основу расчетов положены следующие зависимости [4]:

критический уклон, при котором не происходит движения наносов, по формуле В.Н.Гончарова [3], видоизмененной Ф.Ш.Мухамеджановым:

$$I_y = 0{,}0625 \frac{d_{ср}}{H}; \qquad (1)$$

средний погонный расход наносов

$$K_c \cdot q_{ср} = K_1 \cdot H^2 \cdot I_б^2 \left(\frac{H^2 \cdot I_б}{d_{ср}^3}\right)^{1/6}; \qquad (2)$$

наибольшая глубина общего размыва

$$H_р = H\left(\frac{H}{d_{ср}^{2,5}}\right)^{1/6} \cdot t^{0,5} \cdot I_б \, I_y^{0,1} \cdot (I_б - I_y)^{0,5} \cdot 10^2; \qquad (3)$$

длина участка размыва

$$l_р = H\left(\frac{H}{d_{ср}^{2,5}}\right)^{1/6} \cdot t^{0,5} \cdot \frac{I_б \cdot I_y^{0,1}}{(I_б - I_y)^{0,5}}, \qquad (4)$$

где $d_{ср}$ – средний диаметр частиц донных отложений, мм;

H – средняя глубина потока в бытовых условиях, м;

K_c – коэффициент активной зоны движения наносов

$K_1 = \frac{17.9}{\sqrt[3]{d_{ср}}}$;

$I_б$ – уклон реки в бытовых условиях;

t – период размыва, в сутках.

Результаты расчетов по определению глубины и длины участка общего размыва (за начало периода принят 1961 г.) приведены в табл.2.

Таблица 2

Год	1961	1962	1964	1966	1971	1981	1991
$h_р$, м	0	2,98	5,15	6,65	9,41	13,3	16.25
$\ell_р$, м	0	1620	2800	3620	5145	7250	8850

По расчетам, воздействие карьеров на общее понижение русла реки у гидроузла начинает сказываться через год после пуска в эксплуатацию сброса, то есть с 1961 г.

Расчетная величина общего понижения с учетом влияния карьеров к 1969 г. должна составить 7,9 м (см.рис.1), по результатам натурных съемок фактическое понижение равно 7,4 м, что указывает на близость теоретических расчетов и натурных данных. Следовательно, при постоянном отборе гравийно-песчаного материала из русла реки Ахангаран ниже сооружения, порядка 130 -150 тыс.м^3 в год, дополнительное понижение дна и горизонтов воды на 4 м, принятое в проекте усиления крепления нижнего бьефа сброса, следует ожидать не к 2000 г., а к 1977 г. После чего возможно нарушение работы водобойной и сливной частей сброса из Тюябугузского водохранилища.

Ю ж н о – С у р х а н с к и й гидроузел на реке Сурхандарье в Сурхандарьинской области. Попуски воды из водохранилища через сбросное сооружение начаты в июне 1962 г.

Расчет общего понижения горизонта воды и дна реки Сурхандарьи за гидроузлом выполнен по методу В.С.Киороза и по методу С.Т.Алтунина. Величина его, подсчитанная по методу В.С.Киороза, – 2,5 м, а по методу С.Т.Алтунина (с учетом самоотмостки) – 1,12 м. В проекте общее понижение принято равным 2,5 м за 25 лет эксплуатации сооружения. Однако уже после двух лет работы, к маю 1964 г.,

общее понижение горизонта воды достигло критической величины, и началось интенсивное разрушение крепления нижнего бьефа катастрофического сброса. В 1965 г. крепление нижнего бьефа было перестроено. Новая конструкция допускала возможность дополнительного понижения дна реки еще на 2,5–3,0 м. Таким образом, суммарное понижение русла Сурхандарьи, принятое в проектных проработках равным 5–5,5 м, должно было произойти не ранее чем через 20–25 лет эксплуатации. Фактически же снижение дна и горизонтов воды к концу 1970 г., то есть после 8,5 лет эксплуатации, по данным натурных съемок институтов "Средазгипроводхлопок" и САНИИРИ, составило 5,05 м (рис.2).

Основной причиной такого ускоренного понижения дна реки являются действующие карьеры инертных материалов, расположенные в русле, ниже гидроузла. С начала строительства из нижнего бьефа Южно-Сурханского гидроузла выбрано более 4 млн.м^3 гравийно-песчаной смеси. В 1970 г. производительность карьерного хозяйства была 200–250 тыс.м^3 в год.

В связи с проектируемой организацией карьеров в 13 км от створа плотины с отбором грунта из русла Сурхандарьи на фильтровую обсыпку закрытого дренажа институтом "Средазгипроводхлопок" в 1971 г. были проделаны расчеты переформирования русла ниже гидроузла. Проектная потребность строительства в фильтровой обсыпке 1,5–2 млн.м^3, годовая потребность 200–250 тыс.м^3. Кроме того, из создаваемых карьеров наносы будут отбираться на промышленно-гражданское и дорожное строительство, поэтому производительность карьерного хозяйства в расчетах принята равной 350–400 тыс.м^3 в год. Расчеты выполнены по зависимостям, приведенным выше и в [4].

На рис.2 изображены графики $Q = f(H)$, построенные по фактическим данным за 1954–1970 гг. и по расчетным – за 1970–1988 гг., а также динамика понижения (за этот же период) горизонтов воды, при расходах 400 и 156 м^3/сек.

Анализ результатов натурных наблюдений и расчетов показал, что фактическая величина общего понижения дна и горизонтов воды в нижнем бьефе за 8,5 лет эксплуатации достигла 5,05 м при расчетной 4,8 м.

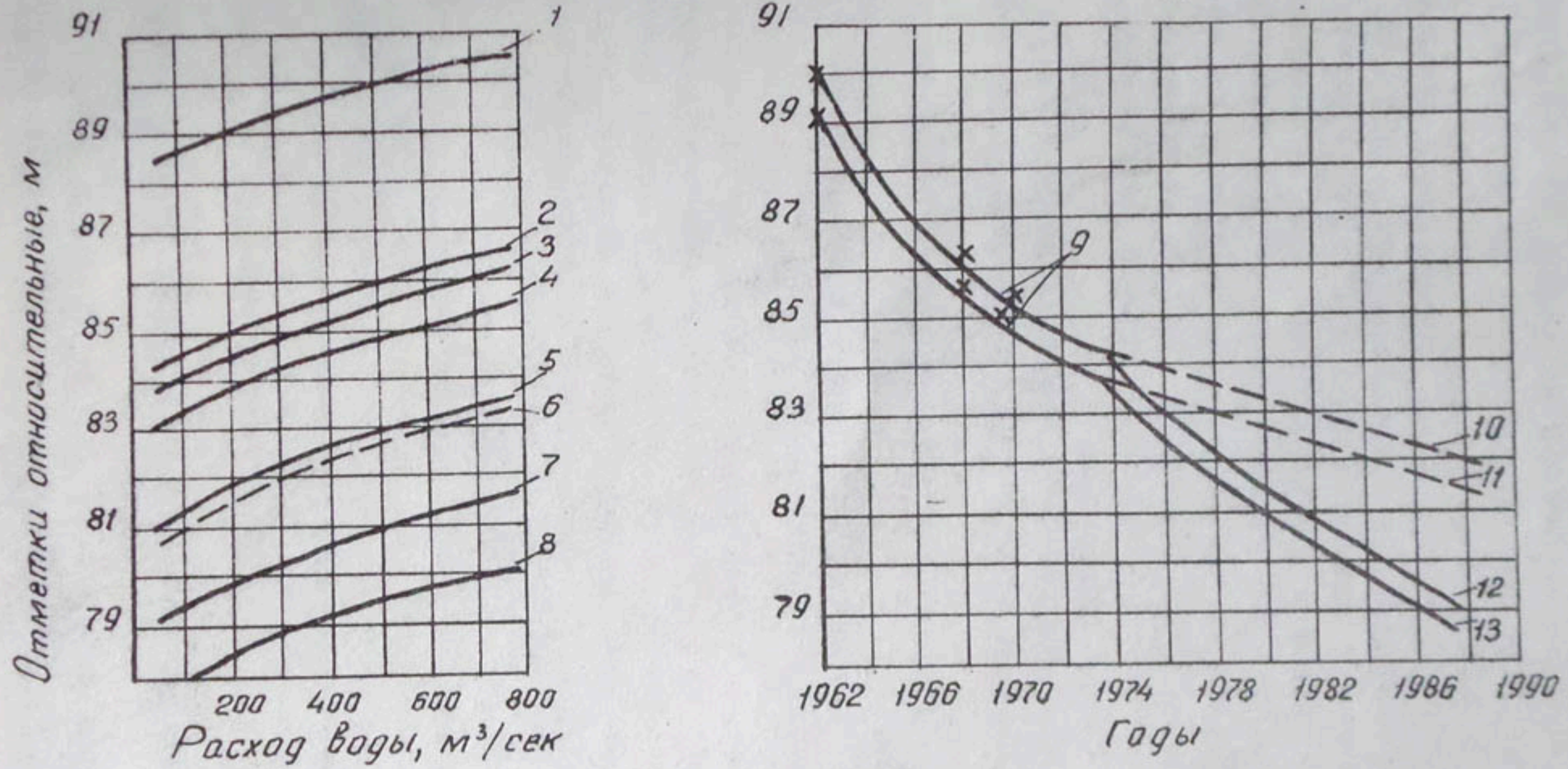


Рис. 2. График $Q = f(H)$ и динамика понижения горизонта воды и дна в нижнем бьефе:

1– 1954 г.; 2– 1968–1969 гг.; 3– 1969–1970 гг.; 4– расчетное с учетом влияния карьеров к 1973 г.; 5– то же к 1978 г.; 6– расчетное без учета влияния карьеров к 1988 г.; 7– расчетное с учетом влияния карьеров к 1983 г.; 8– то же к 1988г.; 9– по результатам натурных наблюдений; 10,11– без учета влияния карьеров для Q = 400 и 156 м³/сек ; 12,13– с учетом влияния карьеров для тех же расходов.

По расчетам, ожидается понижение горизонта воды к 1988 г. еще на 2,5 м (без учета заложения новых карьеров) и на 5,6 м при отборе ежегодно из русла 350–400 тыс.м^3 грунта, то есть интенсивность размыва за счет карьеров увеличивается в 2,25 раза.

Чимкурганский гидроузел в среднем течении реки Кашкадарьи в Кашкадарьинской области. Введен во временную эксплуатацию в 1960 г. Расчет процесса переформирования нижнего бьефа был выполнен по методу проф. С.Т.Алтунина [1,2]. Максимальное понижение без учета влияния карьеров за 25 лет эксплуатации не должно превышать трех метров. Однако к 1965 г. размыв достиг допустимого значения и создалась угроза разрушения крепления нижнего бьефа гидроузла.

Столь резкое понижение горизонта воды и русла реки вызвано интенсивным отбором грунта из русла (около 3,8 млн.м^3).

В 1966 г. нижний бьеф Чимкурганского гидроузла был реконструирован.

Динамика понижения дна реки в нижнем бьефе на 10-километровом участке приведена на рис.3.

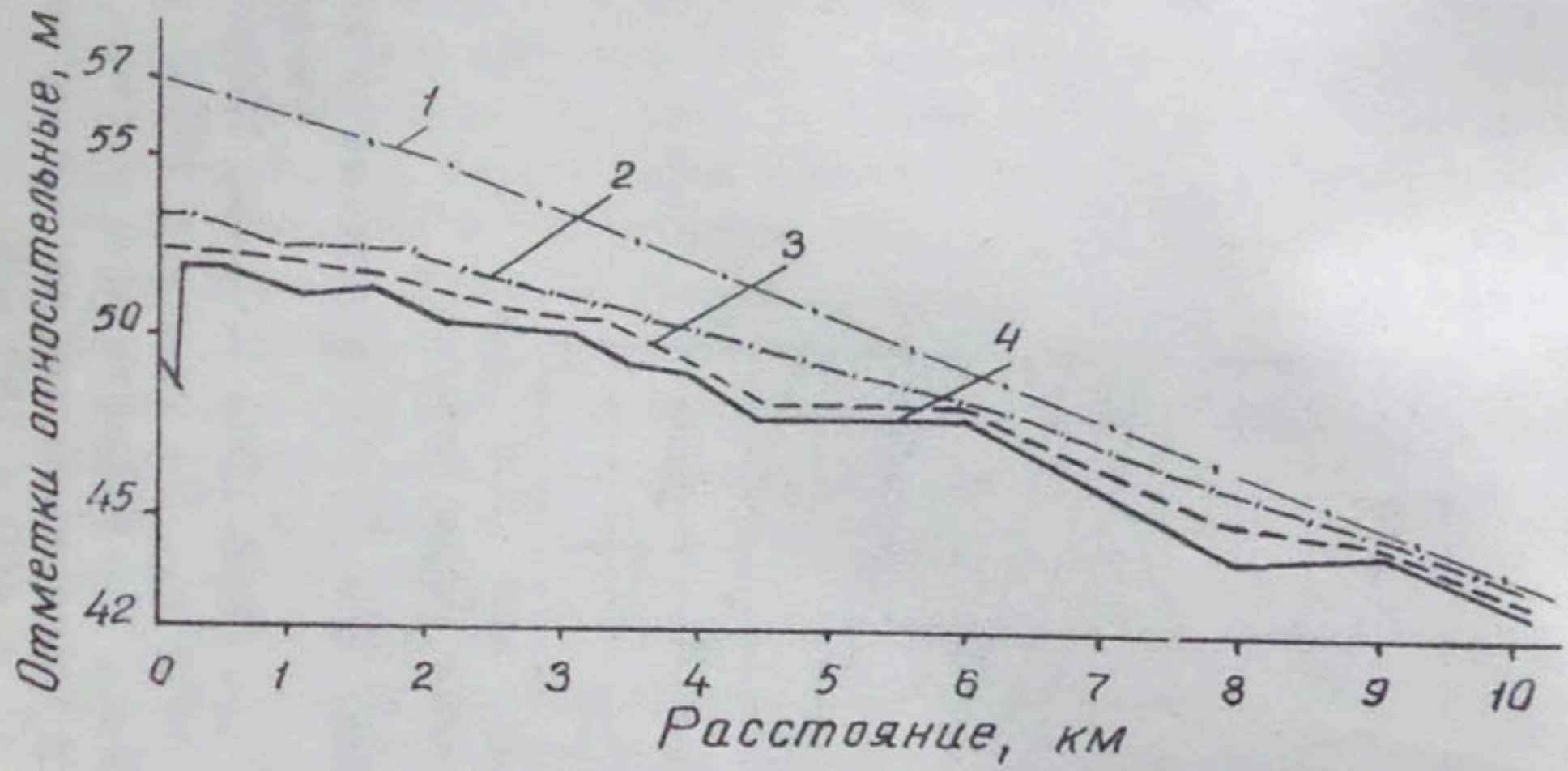


Рис.3. Продольный профиль русла реки в нижнем бьефе:
1- среднее дно в 1954 г.; 2- то же в 1965 г.;
3- горизонт воды на октябрь 1970 г.; 4- среднее дно в 1970 г.

По расчетам, выполненным к проекту реконструкции н него бьефа по методу Ф.Ш. Мухамеджанова, дополнительное понижение горизонта воды и русла реки за 25 лет эксплуатации достигнет 3,1 м. Но учитывая, что отбор грунта из русла реки ниже гидроузла не прекращается и интенсивност размыва, судя по результатам натурных наблюдений, не затухает во времени, следует ожидать общих размывов больших, чем запроектировано.

А к к а р а д а р ь и н с к и й гидроузел – в районе разделения реки Зарафшан на два рукава: Акдарья и Карадарья, из них Карадарьинский сброс – главный. Гидроузел Ферганского типа, со сбросом основного количества донных наносов в Карадарью.

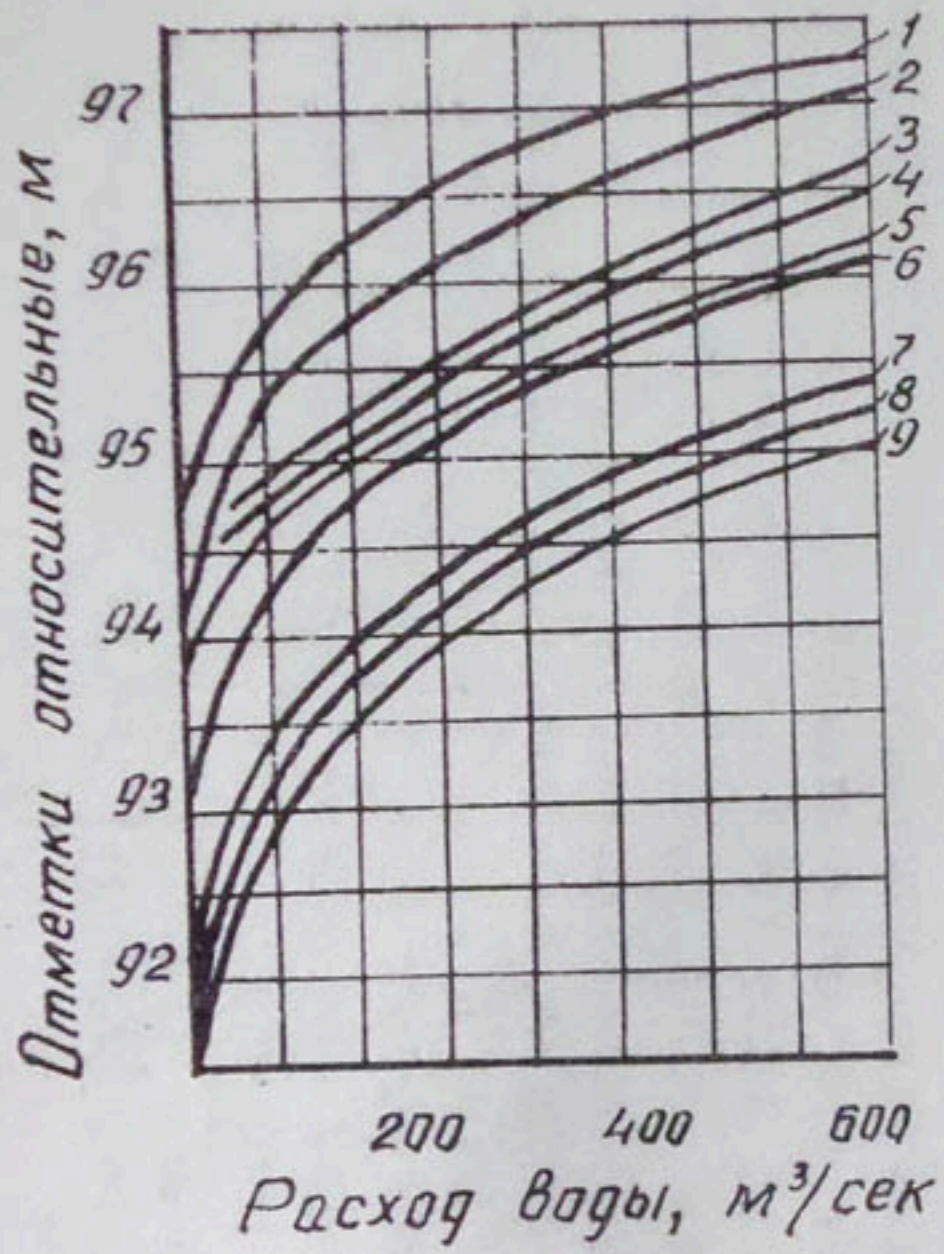
Карьеры в русле Карадарьи созданы в 1957–1958 гг. и расположены в 2,5–10 км от сооружения. До 1967 г. инертного материала изымалось ежегодно около 600 тыс.м^3: около 100 тыс.м^3 в верхнем бьефе и около 500 тыс.м^3 в нижнем. Потом производительность карьерного хозяйства увеличилась, и в 1970 г. из русла Карадарьи ниже гидроузла изымалось 800–900 тыс.м^3 инертного материала. На рис.4 приведены кривые $Q = f(H)$ и глубина общего размыва во времени Карадарьи в нижнем бьефе Карадарьинского сброса, откуда видно, что процесс понижения уровня воды, а следовательно и общего размыва, не затухает, а из-за всевозрастающей производительности карьеров становится интенсивнее из года в год.

Если за 1958–1967 гг. горизонт воды понизился на 1,4 м, то за последние три года (1967–1970) он понизился на 1,15 м. С увеличением производительности карьерного хозяйства следует ожидать еще более усиленного снижения горизонтов воды и русла реки за гидроузлом.

В 1970 г. вступил в строй новый гидроузел, допускающий понижение горизонта воды в нижнем бьефе на 4 м (считая с 1966 г.).

К а р а с у й с к и й гидроузел на реке Чирчик в Ташкентской области, в 3 км от города Чирчика, построен в 1952 г.

В проектных проработках величина понижения уровня воды в нижнем бьефе определена по формуле Е.А.Замарина



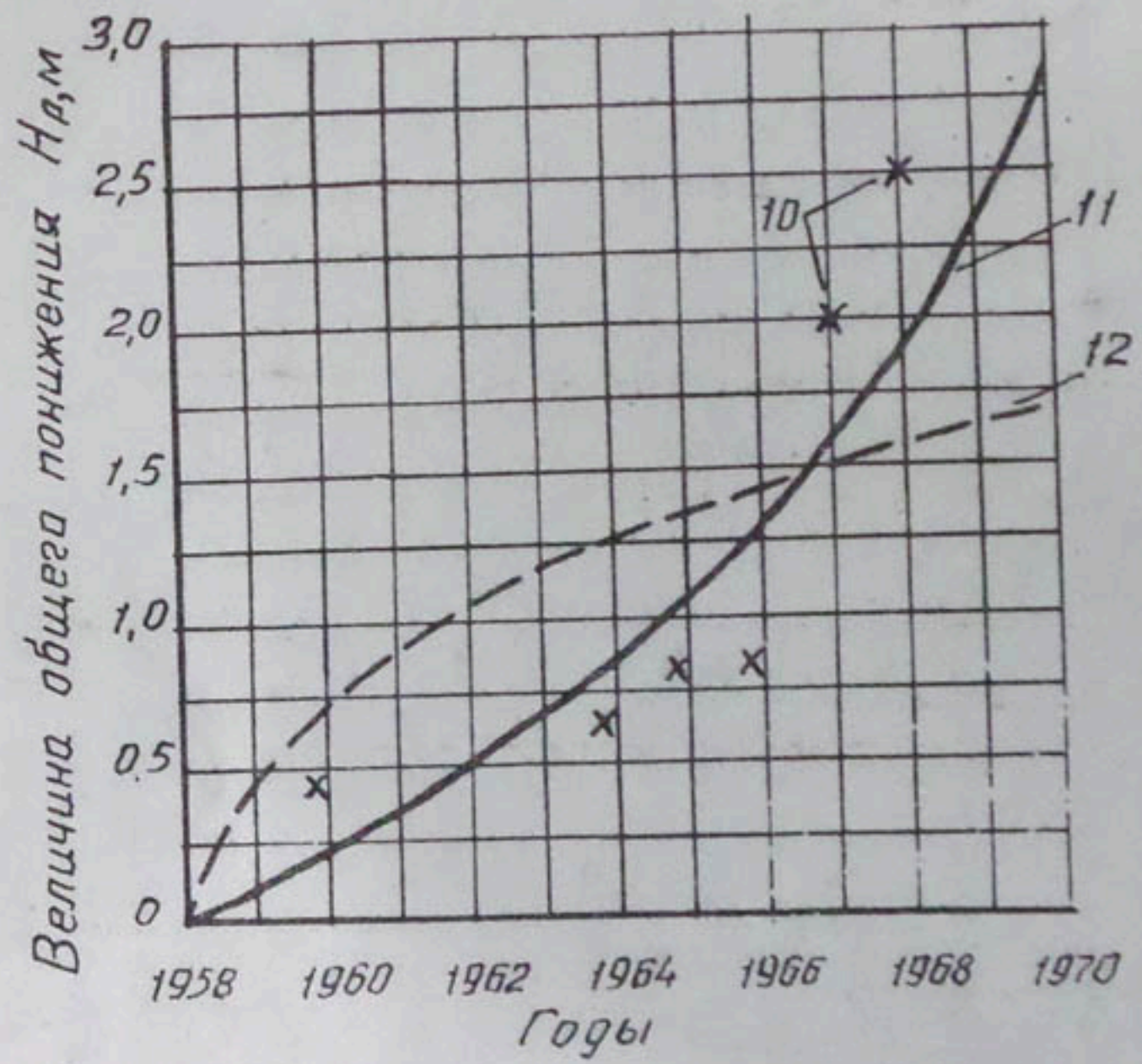


Рис.4. График $Q = f(H)$ в нижнем бьефе и изменение глубины общего размыва во времени $h_p = f(t)$:

1– 1948–1958 гг.; 2– 1958–1960 гг.; 3– 1964 г.; 4– 1965 г.; 5– 1966 г.; 6– 1967 г.; 7– 1968 г.; 8– 1969 г.; 9– 1970 г.; 10– наблюденное в натуре; 11– фактическое; 12– расчетное без учета карьеров.

равной 0,8 м. Влияние карьеров производительностью 400-500 тыс,м^3/год, расположенных в русле реки на расстоянии 3 км от гидроузла, на размыв не учитывалось. Фактически же к 1958 г. в нижнем бьефе общее снижение уровня при больших расходах составляло 1,6 м, при малых - 2,4 м. В связи с тем, что это в 2-3 раза больше расчетной величины, условия гашения энергии потока здесь изменились, и к 1958 г. нижний бьеф сооружения был разрушен. После прохождения паводка 1958 г. уровень в нижнем бьефе упал еще на 0,8 м. В 1959 г. были проведены работы по развитию флютбета. Величина дополнительного понижения горизонта была определена в 1,8 м против отметок 1958 г. (рис.5). В связи с ростом производительности карьерного хозяйства (к 1971 г. из карьера, расположенного в 3 км от гидросооружения, изымалось инертного материала до 600 тыс.м^3 в год) уровень воды в нижнем бьефе продолжал понижаться. Для предотвращения разрушения крепления нижнего бьефа гидроузла в 280 м построен в 1964 г. перепад, ограничивавший понижение горизонта воды и русла реки непосредственно за сооружением. Однако горизонты

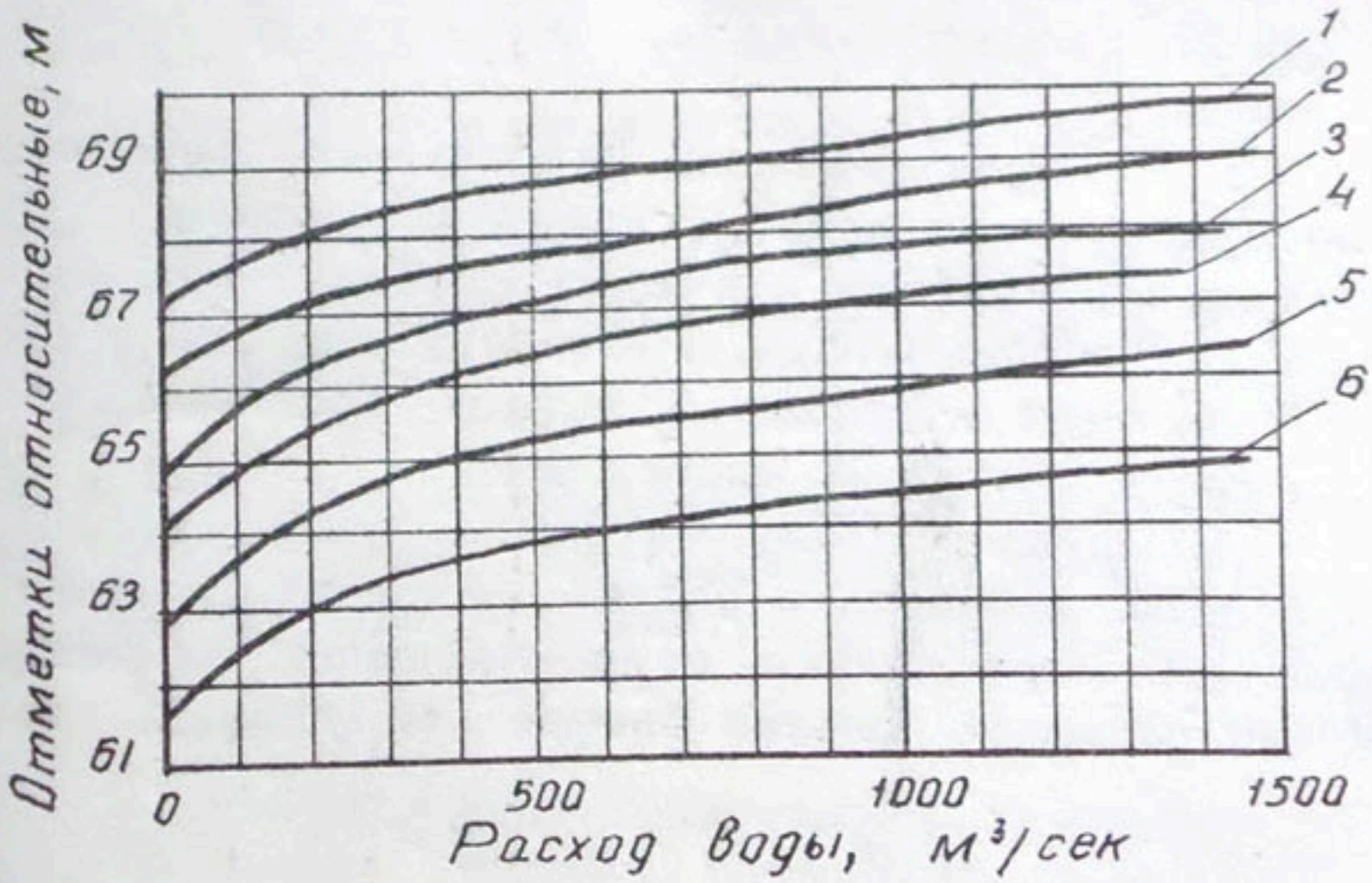


Рис.5. График $Q = f(H)$ в нижнем бьефе:

1- 1953 г.; 2- предполагаемый по первому проекту снижения; 3- 1958 г.; 4- 1959 г.; 5- расчетный в проекте развития флютбета; 6 - 1971 г.

воды и русло не переставали понижаться, и к концу 1970 г. отметка уровня воды была на 1,4 м ниже расчетной, принятой в проекте развития флютбета сбросного сооружения Карасуйского гидроузла.

Выводы

1. Отбор грунта из русла или поймы при заложении карьеров в нижнем бьефе сооружения приводит к увеличению продольных местных уклонов, скоростей протекания, транспортирующей и размывающей способности потока, что значительно ускоряет общее понижение дна и горизонтов воды как по длине, так и по глубине. Величина его практически не ограничена, так как из-за больших скоростей потока самоотмостка русла крупными фракциями зачастую не образуется.

2. Отбор нерудных материалов из русла в верхнем бьефе гидроузла удлиняет период занесения верхнего и размыва нижнего бьефов, что, в свою очередь, увеличивает общий размыв в нижнем бьефе как по глубине, так и по длине.

3. Недоучет влияния действующих карьеров на переформирование русла реки у гидроузла приводит к разрушению жесткого крепления в нижних бьефах через несколько лет с начала эксплуатации. Реконструкция его требует огромных денежных и трудовых затрат, достигающих 25–30% стоимости сбросных сооружений.

4. Следует предусматривать возможность создания карьерных хозяйств в районе проектируемых гидроузлов и намечать мероприятия, ограничивающие влияние карьеров на общие размывы нижних бьефов сооружений.

Литература

1. С.Т.Алтунин, И.А.Бузунов. Вопросы формирования и расчета русел у гидроузлов. Труды института сооружений АН УзССР, вып. 7, Ташкент, 1955.

2. С.Т.Алтунин. Регулирование русел. М.,Сельхозиздат, 1962.

3. В.Н.Гончаров. Основы динамики русловых потоков. Л., Гидрометеоиздат, 1954.

4.В.С.Попов. К расчету переформирования русла в нижних бьефах гидроузлов с учетом влияния карьеров. „Труды института "Средазгипроводхлопок", вып.3, 1972.

5. Технический проект Южно-Сурханского водохранилища на р.Сурхандарье. Ташкент, Средазгипроводхлопок, 1957.

6. Рабочие чертежи Южно-Сурханского водохранилища. Реконструкция выходной части сброса. Ташкент, Средазгипроводхлопок, 1964.

7. Расчет процесса переформирования русла реки Сурхандарьи в нижнем бьефе Южно-Сурханского водохранилища. Ташкент, Средазгипроводхлопок, 1971.

8. Одностадийный проект усиления нижнего сбросного сооружения Ташкентского моря. Ташкент, Узгипроводхоз, 1969.

9. Одностадийный проект усиления крепления нижнего бьефа водовыпуска Чимкурганского водохранилища на р.Кашкадарье. Ташкент, Средазгипроводхлопок, 1967.

10.Проектное задание Аккарадарьинского гидроузла на реке Зарафшан. Ташкент, Средазгипроводхлопок, 1965.

11.Технический проект Аккарадарьинского гидроузла на реке Зарафшан. Ташкент, Средазгипроводхлопок, 1969.

12. Одностадийный проект развития флютбета Карасуйского гидроузла на реке Чирчик. Ташкент, Средазгипроводхлопок, 1958.

УДК 550.83

Г.М.БУДАРИН, гл.спец.
(Средазгипроводхлопок)

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАБОТ НА УЧАСТКЕ СКАЛЬНОГО ОСНОВАНИЯ ПЛОТИНЫ АНДИЖАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

В 1967-1968 гг. институтом "Средазгипроводхлопок" и его субподрядными организациями - МИСИ им.В.В.Куйбышева и Гидроспецпроектом - были проведены комплексные инженерно-геологические и геотехнические работы для обоснования технического проекта плотины Андижанского водохранилища, включавшие также геофизические - ультразвуковые и электрометрические исследования. Место исследований - в ущелье реки Карадарьи у кишлака Кампыррават.

В результате детальных инженерно-геологических исследований установлено, что коренные породы в основании плотины представлены метаморфическими сланцами предположительно верхнесилурийского возраста. По текстурным признакам довольно условно они делятся на грубополосчатые, тонкополосчатые и листоватые, а по цвету - на зеленые и черные.

В массиве сланцев распространены изверженные породы среднего состава преимущественно типа диоритов и диорит-порфиров, залегающие в виде даек и штоков.

В тектоническом отношении вся площадь размещения плотины разбита сложной системой трещин и зон, подраз-

деляемых по элементам залегания на восемь видов. Преобладающие азимуты простирания трещин и зон 320, 282 и 40°, углы падения в основном крутые - 64÷77°. Ширина трещин и зон - от волосных до 2-3 м. Состав их заполнителя различный - от глинки трения и милонита до грубообломочного и крепко сцементированного катаклазита.

Физические свойства горных пород участка, определенные нами в процессе исследований, достаточно четко дифференцированы.

Удельные электрические сопротивления пород (ом.м) изменяются незначительно:

грубообломочные пролювиальные отложения	700-1200
аллювиальные, валунно-песчанистые, обводненные отложения	400-450
песчано-гравийные отложения, увлажненные	100-200
разрушенные кварц-хлорит-серицитовые метаморфические сланцы	300-400
хорошо сохранившиеся кварц-хлорит-серицитовые сланцы	700-1000
диоритовые дайки и штоки	800-1500.

Нами были также исследованы скорости распространения ультразвуковых волн в коренных породах, слагающих основание плотины. Приводим их значения (м/сек) для некоторых разностей пород:

разрушенные кварц-хлорит-серицитовые сланцы	2000-3200
хорошо сохранившиеся кварц-хлорит-серицитовые сланцы	3940-4300

кварц-хлорит-серицитовые
сланцы с высоким содержанием
кварца (условно более 35%) 4600-4800.

Перед геофизическими методами было поставлено несколько инженерно-геологических задач: выявление и прослеживание зон тектонических нарушений, трещиноватости и дробления в породах; ориентировочная оценка внутриблочной трещиноватости сланцев по эталонным площадкам; определение глубины ослабления сланцев при разных способах разрушения пород (взрывы скважинных и шпуровых зарядов); изучение характера изменения деформационных свойств сланцев при цементации и при оценке критических градиентов.

Эти задачи решались двумя способами: методом симметричного электропрофилирования (СЭП) двухгоризонтной установкой AA' M N B'B (с разносами AB = 80 м, A' B' = 30 м и MN = 6 м; шаг установки 3 м, использовался прибор ЭСК-1) и методом ультразвуковых межшпуровых и межскважинных исследований, которые проводились с помощью комплекта аппаратуры УКБ-1 с датчиками сегнетоэлектриками, имеющими рабочие частоты 25, 60 и 150 кгц. Базы между шпурами изменялись от 0,3 до 1,2 м, а между скважинами - от 1 до 3 м.

Объем работ методом СЭП - 840 физических точек, а по ультразвуковым методам - 8040.

В результате проведенных исследований по методу СЭП выявлено 136 аномальных зон. Из них 80 аномалий низкого кажущегося сопротивления $\rho_к$ приурочено к известным по геологическим данным зонам трещиноватости. Пятьдесят аномалий низких значений $\rho_к$ не связано с выходящими на дневную поверхность зонами тектонических нарушений и их можно отнести к "слепым" ослабленным зонам внутри массива хлоритовых сланцев. Шесть аномалий с высокими значениями $\rho_к$ = 1000-10000 ом.м увязываются с выходами на дневную поверхность диоритовых даек и штоков.

Итак, вся исследуемая площадь разделена на основании данных, полученных методом СЭП, на три полуучаст-

ка разной сохранности коренных пород, представленных на карте (см.рисунок), имеющей детальную инженерно-геологическую основу.[x)]

По данным ультразвуковых исследований на глубинах 1,25 ÷ 2,50 м по 25 эталонным площадкам установлена эмпирическая зависимость динамического модуля E_g горных пород от глубины их залегания. В ходе обработки всех ультразвуковых измерений составлены графики и разрезы изменения динамического модуля E_g с глубиной. Условно установлены следующие группы сохранности пород:

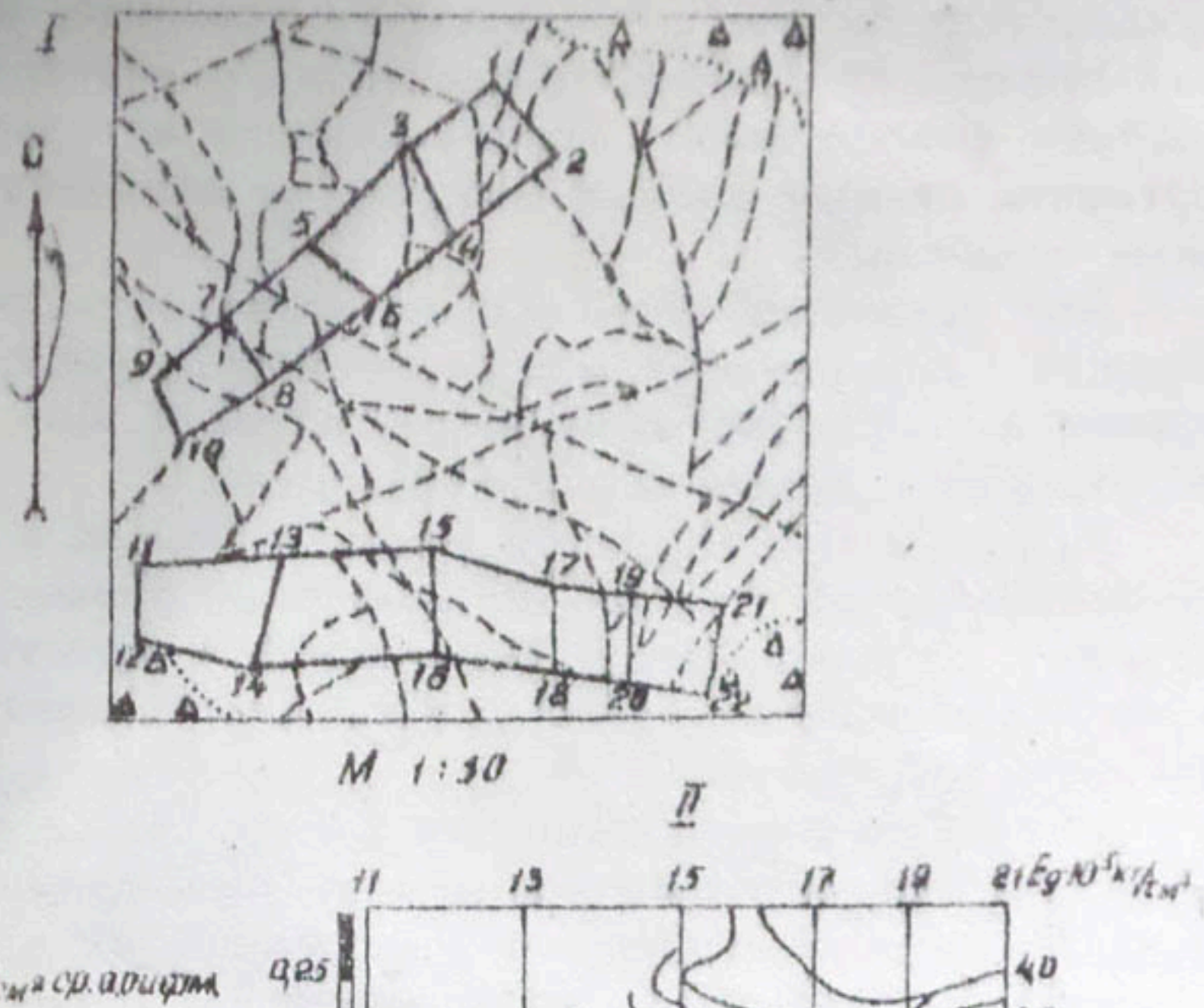
сильноослабленные	$1{,}50 \cdot 10^5$ кг/см^2 и менее
среднеослабленные	$1{,}50 \cdot 10^5$ кг/см^2 ÷ $2{,}50 \cdot 10^5$ кг/см^2
среднепрочные	$2{,}50 \cdot 10^5$ кг/см^2 ÷ $3{,}50 \cdot 10^5$ кг/см^2
прочные	$3{,}50 \cdot 10^5$ кг/см^2 и больше.

Преобладающее число измерений E_g первой группы приурочено к глубинам 0 ÷ 0,50 м. С глубиной значения модуля E_g возрастают. Установлено, что дно котлована сложено в основном прочными породами.

Данные межшпуровых и межскважинных ультразвуковых исследований показывают, что глубина ослабления слабцев при взрывах мелкошпуровых зарядов составляет ориентировочно 1 ÷ 1,2 м, а при взрывах больших скважинных зарядов до тонны весом достигает 8 ÷ 12 м.

---

x) Детальную инженерно-геологическую основу составили геологи Б.Я.Нейман, А.Г.Постников, К.Н.Ким.



Материалы ультразвуковых исследований на эталонной площадке 10а:

I– план расположения шпуров и трасс ультразвукового прозвучивания; II– вертикальный разрез изменения динамического модуля E_g по данным ультразвукового межшпурового прозвучивания; III– график зависимости среднеарифметических значений модуля E_g от коэффициента трещинной пустотности по локальным эталонным площадкам.

Поскольку сохранность метаморфических сланцев изучалась не только с помощью ультразвука, но и методами трещинной съемки, механического каротажа, учета процента выхода керна, представлялось интересным сопоставить данные разных методов по отдельным интервалам скважин.

При сравнении получены удовлетворительные корреляционные зависимости между скоростью ультразвука в породах и скоростью их бурения, а также между скоростью ультразвука и процентом выхода керна.

Примеры межшпуровых ультразвуковых исследований метаморфических сланцев по эталонной площадке № 10а и график корреляционной зависимости скорости ультразвука от локального коэффициента трещинной пустотности[x] показаны на рисунке.

Результаты геофизических работ дали возможность выявить наиболее эффективный – ультразвуковой – метод изучения упругих свойств и сохранности скальных пород основания Андижанского водохранилища.

Они также позволили установить определенную дифференциацию геомеханических свойств метаморфических сланцев в исследуемом районе и тем самым способствовали более обоснованному выбору расчетных характеристик пород основания плотины Андижанского водохранилища.

Анализ результатов ультразвукового метода исследований на стадии технического проекта плотины Андижанского водохранилища показал возможность успешного использования этого метода в дальнейшем для обоснования рабочих чертежей плотины.

---

x) Коэффициенты трещинной пустотности подсчитаны геологами В.Малютиным, В.Степановым, Ю.Ульяновым, А.Абдураимовым.

УДК 627.8.034:551.442

Л.В.ПИЛИШЕНКО, руковод.лабор.
(Средазгипроводхлопок)

Л.В.ПИЛИШЕНКО

ПЛАНОВАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ ПОД ПЛОТИНОЙ АНДИЖАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПРИ НАЛИЧИИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ТРЕЩИН В ОСНОВАНИИ ПЛОТИНЫ

Современный размах гидротехнического строительства, размеры и сложность многих гидротехнических объектов требуют сложных фильтрационных исследований, которые, как правило, нужно проводить в условиях пространственного фильтрационного потока с учетом разнородности пластов грунта, многочисленных дренажных устройств, сложных форм флютбета сооружений и т.д.

Теоретическое решение подобных задач весьма затруднительно, а подчас и невозможно. В таких случаях определение фильтрационных характеристик грунтового потока проводят методом ЭГДА.

Применение этого метода в условиях плоской задачи доступно многим проектным организациям, тогда как пространственная задача требует более сложной аппаратуры и техники исследования. Поэтому важно в каждом случае найти возможность использования решений и методов исследования плоской и плоско-плановой фильтрации.

В лаборатории фильтрационных исследований института "Средазгипроводхлопок" для определения характеристик фильтрационного потока при сравнении ряда вариантов

противофильтрационных устройств, неизбежных в ходе проектирования, применяется комбинированное моделирование.

Первоначально форма потока и расходы определяются на плановых разнородных моделях из электропроводной бумаги, затем уточняются на плоских в вертикальном разрезе моделях характерных линий тока. Результаты экспериментов на плановых и плоских в разрезе моделях сравниваются.

На основе такого сравнения данные опытов на плановых моделях можно рекомендовать использовать для оценки фильтрационных расходов, а данные экспериментов на плоских в разрезе моделях - для оценки градиентов напора.

Перед нами стояла задача определить параметры фильтрационного потока в основании русловой части плотины Андижанского водохранилища, внести коррективы и дать рекомендации для проектирования противофильтрационных мероприятий.

Исследуемая плотина - контрфорсная, длиной по гребню 975 м. Условная отметка горизонта воды верхнего бьефа 705 м, нижнего - 610 м. Действующий напор - 95 м.

Основание плотины скальное. Верхняя часть скалы (до условной отметки 550 м) из-за воздействия внешних факторов разрушена больше нижней, ее проницаемость переменна и колеблется от 1,0 до 0,001 м/сутки. Нижняя часть основания монолитнее и проницаемость ее незначительна - 0,001 м/сутки.

В скале есть тектонические трещины клиновидной формы с максимальной шириной 10 м (их расположение в плане показано на рис. 1 и 2). Заполнены трещины осколочными породами ($K_ф$=0,2 м/сутки) и глиной трения, которая ввиду ее малой проницаемости ($K_ф$=0,001 м/сутки) должна была бы разделять фильтрационный поток вдоль трещин и делать обе части его гидравлически независимыми. Однако это предположение спорно и поэтому моделирование проводилось также без учета этого фактора.

Русловая часть плотины находится в пределах 9-30 секций. Далее, в месте расположения бортовых секций,

дно водохранилища поднимается.

На всем протяжении русловой части плотины предполагается цементационная завеса глубиной до условной отметки 550 м, с коэффициентом фильтрации 0,017 м/сутки, и два ряда инъекционных дренажных скважин.

При исследовании фильтрации в плане был учтен только первый ряд, так как предварительные исследования показали, что влияние второго ряда дренажа незначительно.

Сложность подземного контура плотины и гидрогеологических условий, из которых решающее значение имеет переменная проводимость основания в плане, наличие тектонических трещин свидетельствуют о том, что конфигурация потока в основании плотины представляет сложную картину и является пространственной.

Однако перечисленные факторы по-разному влияют на пространственный поток фильтрации в основании плотины. При некоторых предположениях, основанных на исследованиях, проводимых ранее на плоских моделях ЭГДА, а также используя метод фильтрационных сопротивлений, представляется возможным свести этот пространственный поток к плановому, не меняя условий фильтрации.

Прежде всего при моделировании плановой задачи было сохранено изменение проницаемости основания в плане. В верхнем слое скалы (до отметки 550 м) выделены три зоны с разными коэффициентами фильтрации: K_1=1 м/сутки, K_2= 0,01 м/сутки, K_3= 0,002 м/сутки. Коэффициент фильтрации цементационной завесы был принят 0,017 м/сутки, зоны дробления в трещинах - 0,2 м/сутки.

На основе этих данных составлена карта водопроводимости района. При ее составлении также учитывалось, что мощность водовмещающего грунта постоянна по всей области фильтрации (плоскость водоупора приняли на условной отметке 550 м). Тогда формула расчета сопротивления бумаги для плановой модели:

$\alpha_R = R_a T$; $T = Km$; $m = const$; $\alpha_R = R_a \cdot K = const$, так как $m_i = const$ по всей области.

Сопротивления электропроводной бумаги, учитывающие неоднородность основания, даны в таблице.

Зона	$K_ф$, м/сутки	Принятый $K_ф$, м/сутки	Сопротивление, ом
I зона	1,0–0,01	1,0	300
II "	0,01–0,001	0,01	30 000
III "	менее 0,001	0,002	150 000
Цементационная завеса	–	0,017	150 000
Трещина (зона дробления)	–	0,2	1 500

Так была учтена проницаемость трещин (их ширину брали максимальной и постоянной по глубине). Причем на моделях, где принимался гидравлический разрыв потока, по оси трещины делали разрез – непроницаемую перегородку. Цементационная завеса плотины рассматривалась как искусственная неоднородность основания.

Метод фильтрационных сопротивлений, использованный нами при моделировании плановой фильтрации, позволил исключить на модели ту зону резкой деформации, которая образуется вблизи скважин дренажа из-за их несовершенства, а также заменить систему скважин совершенной траншеей [1].

Согласно методу сопротивлений, фильтрационный поток на некотором расстоянии от скважины или дрены определяется только расходом потока, задаваемого скважинами или дренами независимо от степени их совершенства, способа забора и т.д. По определению В.М.Шестакова, фильтрационное сопротивление участка потока Ф есть отношение потерь напора на этом участке к расходу проходящего здесь потока:

$$Ф = \frac{\Delta H}{\Delta Q}.$$

Система несовершенных скважин в нашем случае была заменена совершенной траншеей с фильтрационным сопротивлением, учитывающим несовершенство по вскрытию пласта и контура скважин. Фильтрационное сопротивление задавалось полоской электропроводной бумаги, на конце которой задавался потенциал скважин. Ширина этой полоски и все остальные параметры фильтрационного сопротивления рассчитывались по книге В.М.Шестакова [1].

На плановых моделях был проведен ряд исследований фильтрационного потока. На рис.1 и 2 представлены основные из них.

Рис.1 освещает картину фильтрации в плане с учетом неоднородности основания, но без учета гидравлического разрыва потока вдоль трещин.

Фильтрационный поток до скважины первого ряда дренажа параллелен. Некоторые нарушения его параллельности наблюдаются в хорошо проницаемой зоне, где поток, обтекая по контуру менее проницаемые участки, повторяет форму этой зоны.

За осью дренажа форма потока изменяется вследствие значительной потери энергии его на дренаже.

По пути фильтрации менее проницаемые слои отдают свою влагу более проницаемым, что ясно видно на примере формы эквипотенциалей в средней части плотины.

Форма потока на краях носит следы влияния обходной фильтрации (сток к нижнему бьефу).

Расположение эквипотенциалей в плане (эквипотенциали выражены в долях действующего напора) дает представление о гашении фильтрационного потока.

Интенсивнее всего напор гасится в зоне наибольшей проницаемости основания плотины ($K_ф$ = 1 м/сутки), эффективно работает цементационная завеса, а также дренажные скважины. После линии первого ряда дренажа его величина составляет 2-3% от H, или 2-3 м.

В зоне средней проницаемости при выбранном коэффициенте фильтрации ($K_ф$=0,01 м/сутки) цементационная завеса не играет никакой роли, так как ее проницаемость ($K_ф$ = 0,017 м/сутки) больше проницаемости окружающей среды. Расход скважин вертикального дренажа также резко падает.

Поэтому гашение напора с помощью этих противофильтрационных мероприятий в зоне средней проницаемости менее эффективно в сравнении с зоной бо́льшей проницаемости. Напор после линии первого ряда дренажа изменяется в пределах 5–10% от Н, то есть равен 5–10 м.

В зоне слабой проницаемости (зона Ш) при коэффициенте фильтрации основания 0,002 м/сутки скважины не столь эффективны, как для грунтов П зоны. Максимальные напоры в слабопроницаемой зоне за линией дренажа равны примерно 10% от Н, но и они завышены.

На рис.2 представлено решение плановой задачи с учетом гидравлического разрыва потока по оси трещин. На модели в этом случае делали разрез и изолировали фрагменты друг от друга. Гидравлический разрыв почти не сказался на фильтрационном потоке до линии первого ряда дренажа: он и в первом и во втором случае сохраняет параллельность.

Влияние гидравлического разрыва на поток резко возрастает за линией дренажа, где энергия его падает. На изменение потока влияет уже не только неоднородность основания, но и трещины, которые играют роль направляющих потока. Если направление трещины параллельно естественному потоку (для левого берега), то она мало меняет форму потока, незначителен в этом случае и гидравлический разрыв. Если же трещина пересекает его, то направление фильтрационного потока резко меняется. Скрещивающиеся трещины правого берега несколько ухудшают условия фильтрации, концентрируя фильтрационный поток у нижнего бьефа.

Однако распределение эквипотенциалей мало меняется в сравнении с решением первой задачи (рис.1), и величины напоров за первым рядом дренажа остаются практически в тех же пределах.

Решение третьей плановой задачи было проведено без учета работы скважин вертикального дренажа. В этом случае поток достаточно равномерно распределялся по всем зонам. Неоднородность основания мало воздействует на форму потока. При решении этой задачи оценивалась роль дренажных скважин; они гасят напор до 60% от Н.

Решение четвертой плановой задачи с однородным основанием и трещинами, гидравлически разрывающими поток (цементационная завеса не учитывалась), показывает, что трещины левого берега почти не изменяют параллельность потока, а трещины, сходящиеся в нижнем бьефе правого берега, резко меняют форму потока, концентрируя его у нижнего бьефа. В среднем напор за линией первого ряда дренажа составляет 10–15% Н. Неучтенное влияние цементационной завесы привело к повышению напора после линии дренажа.

Исследование на плановых моделях позволило выбрать для моделирования плоских вертикальных разрезов шесть поперечников плотины с различными условиями фильтрации (номера разрезов на рис.2 взяты в кружок).

По этим поперечникам построены гидродинамические сетки, даны эпюры фильтрационного давления, градиентов напора, подсчитан расход.

Разрез 8 совпадает с разрезом 8-й секции плотины. Основание поперечника неоднородно. Значительная часть фильтрационного потока сосредоточена в зоне с $K_ф$ = 1,0 м/сутки. Поэтому здесь велики выходные градиенты на скважине и разгрузочной полости контрфорса: на скважине – 4, на РПК – 3.

Разгрузка потока происходит в зоне РПК (почти 97% всего расхода). Расход скважин незначителен. Все это создает тяжелые условия фильтрации. Возможна суффозия грунта при выходе воды на РПК. Для предохранения этой зоны от вымыва проектируемый понур следует удлинить, перекрыв полностью хорошо проницаемую зону со стороны верхнего бьефа.

Разрез 16 совпадает с разрезом секции 16. Система двухслойного пласта: коэффициент фильтрации верхнего слоя (по условной отметки 550 м) 1 м/сутки, нижнего, малопроницаемого – 0,002 м/сутки. Наблюдается равномерное движение фильтрационного потока. Работает цементационная завеса. Расходы и выходные градиенты вполне укладываются в нормальный режим фильтрации: $Q_{ф}$ = 0,4 л/сек; $J_{ск}$ = 3,46; $J_{РПК}$ = 1,06.

Р а з р е з 22 совпадает с разрезом 22-й секции. В основании-слабопроницаемые породы с $K_ф$=0,01 и $K_ф$=0,002 м/сутки .

Бетонный шпур полностью перекрывает доступ воды в более проницаемые слои основания. В этом случае мы получаем растянутую эпюру фильтрационного давления, незначительное давление на зуб плотины, самый малый расход фильтрации - 0,005 л/сек, несколько бо́льшие выходные градиенты на скважине и РПК, однако средние градиенты невелики (рис.3).

Р а з р е з 27 совпадает с разрезом 27-й секции. Геология однозначна с геологией 16-го поперечника. Поэтому картины фильтрации этого разреза и 16-го поперечника во многом сходны.

Р е з р е з 33 совпадает с 33-й секцией плотины. Геология разреза пестрая. Преобладают породы с $K_ф$=1,0 м/сутки. Эффективно работает цементационная завеса. Фильтрация равномерная. Выходные градиенты невелики - не превышают 1,3. Фильтрационный расход равен 0,37 л/сек.

Исследования фильтрации, проведенные в русловой части Андижанской плотины, позволили сделать следующие выводы:

1. Картина фильтрации в целом сложна. Решения на плановых и плоских моделях ЭГДА позволяют установить основные факторы, определяющие характер фильтрации в русловой части плотины.

2. Неоднородность основания почти не влияет на форму потока до линии первого ряда дренажа. Ее влияние значительно за линией дренажа, где наблюдается перетекание фильтрационного потока из слабопроницаемых слоев в более проницаемые слои основания. На искривленность линий тока оказывает свое действие боковая фильтрация (сток в сторону нижнего бьефа).

3. Существенно влияние тектонических трещин на форму потока. Особенно значительно оно в зоне правого берега: скрывающиеся трещины изменяют фильтрационный поток, направляя его в сторону нижнего бьефа. Наиболее ощутимо воздействие трещин при гидравлическом разрыве

потока. При отсутствии разрыва трещины почти не изменяют фильтрационный поток.

4. Гидравлический разрыв фильтрационного потока по оси трещин, изменяя картину фильтрации, мало изменяет степень падения напоров и значение напоров после линии первого ряда дренажа, то есть они находятся в тех же пределах, что и при отсутствии гидравлического разрыва потока по оси трещин.

5. Гашение напора наиболее интенсивно в зоне с хорошей проницаемостью ($K_ф$=1,0 м/сутки). Здесь эффективны понур, цементационная завеса, дренажные скважины. Напор за линией первого ряда дренажа составляет всего 2-3% Н.

6. В зоне средней проницаемости ($K_ф$ = 0,01 м/сутки) цементационная завеса, понур (суглинистый) и дренажные скважины практически не оказывают влияния. Гашение напора в этом случае менее интенсивно и за линией первого ряда дренажа составляет 5-10% Н.

7. Неэффективно применение суглинистого понура и цементационной завесы в области средней и слабой проницаемости ($0{,}001 \leqslant K_ф \geqslant 0{,}01$), так как проницаемость цементационной завесы ($K_ф$ = 0,017 м/сутки) и понура ($K_ф$ = 0,05 м/сутки) выше проницаемости основания.

8. Ввиду того, что при моделировании плановых задач не учитывалось влияние открытой полости контрфорса, величины полученных напоров по подошве плотины несколько завышены, так как роль РПК для некоторых разрезов весьма значительна. Максимальные удельные расходы (до 0,4 л/сек) наблюдаются в разрезах 16-й и 27-й секций.

9. Обращает на себя внимание картина фильтрации 8-го поперечника, где происходит интенсивная фильтрация в небольшой, но хорошо проницаемой области. Для уменьшения расходов фильтрации и фильтрационного давления в этой зоне проектируемый понур следует удлинить.

Результаты проведенных исследований учтены при составлении технического проекта Андижанского водохранилища.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В.М.Шестаков. Теоретические основы оценки подпора водопонижения и дренажа. МГУ, 1965.

2. Н.Н.Павловский. Теория движения грунтовых вод под гидротехническими сооружениями. Собр. соч., т.П., 1956.

3. С.А.Роза. Осадки гидротехнических сооружений на глинах с малой влажностью. "Гидротехническое строительство", 1956, № 8.

4. Р.Р.Чугаев. Подземный контур гидротехнических сооружений. Л., Госэнергоиздат, 1962.

5. Отчет по теме "Фильтрационные исследования подземного контура бетонной плотины методом ЭГДА". Ташкент, Средазгипроводхлопок, 1965.

6. Н.И.Дружинин. Метод электрогидродинамических аналогий и его применение при исследовании фильтрации. М.-Л., Госэнергоиздат, 1956.

7. В.И.Аравин, С.Н.Нумеров. Фильтрационные расчеты гидротехнических сооружений. Л., Госиздат литературы по строительству и архитектуре, 1955.

УДК 551.495:551.49.81

Н.М.ИГНАТИКОВ, гл.спец.
(Средазгипроводхлопок)

Н.М.ИГНАТИКОВ

К МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА ИНФИЛЬТРАЦИОННОГО ПИТАНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД ПО НАБЛЮДЕНИЯМ ЗА КОЛЕБАНИЕМ ИХ УРОВНЯ

Просачивание поверхностных вод (паводковых, оросительных, атмосферных, промышленных) до уровня грунтовых вод вызывает подъем его. Эта вода занимает свободный объем в грунте, который можно выразить известным уравнением недостатка насыщения

$$\beta = (W_п - W_о)\,\delta - n_в, \qquad (1)$$

где β – недостаток насыщения, доли единицы;
$W_п$ – предельная влагоемкость, доли единицы;
$W_о$ – естественная влажность, доли единицы;
$\delta^о$ – объемный вес скелета грунта, т/м^3;
$n_в$ – пористость, занятая газовой составляющей при полном водонасыщении, доли единицы.

На графике колебаний уровня грунтовых вод дополни-

тельное питание всегда выражено резкими пиками на фоне общего подъема или спада уровня, обусловленного естественным режимом питания водоносного горизонта.

Рассматривая зону, в которой происходят такие резкие колебания, нетрудно заметить, что, прежде всего, они связаны с так называемой капиллярной каймой, причем по мере ее заполнения водой снизу она соответствующим образом поднимается кверху. Следовательно, свободную пористость можно разделить на две зоны: капиллярную и надкапиллярную. В капиллярной зоне свободная пористость равна

$$\beta_1 = (W_n - W_к)\,\delta - n_в,$$

где $W_к$ – влажность капиллярной зоны, доли единицы.

В надкапиллярной зоне, если зона аэрации периодически подвергается увлажнениям, а уровень грунтовых вод не поднимается выше первоначального положения капиллярной каймы, свободная пористость

$$\beta_2 = (W_к - W_m)\,\delta,$$

где W_m – полевая влагоемкость грунта, в среднем примерно равная максимальной молекулярной влагоемкости, доли единицы.

В этой же зоне, если уровень грунтовых вод при подъеме выходит из капиллярной каймы, свободная пористость будет равна

$$\beta_3 = (W_n - W_m)\,\delta - n_в.$$

При колебании уровня в пределах капиллярной зоны средний недостаток насыщения выразится уравнением

$$\beta = \beta_1 + \beta_2. \qquad (2)$$

Для случая, когда уровень выходит из капиллярной каймы, как средневзвешенное

$$\beta = \frac{h_к(\beta_1 + \beta_3) + (h_a - h_к)\,\beta_2}{h_a}, \qquad (3)$$

где h_c – величина общего подъема уровня воды, м;

$h_к$ – мощность капиллярной каймы, м.

Дополнительная вода не только занимает свободный объем пор, она расходуется также на транспирацию и отток. Величину этого расхода Н.Н.Бндеман [1] предлагает определять по тому отрезку кривой колебания уровня, который предшествует периоду подъема, для чего линию снижения уровня за время, равное периоду повышения, экстраполировать до точки, соответствующей максимуму уровня. Нам представляется, что при резких колебаниях уровня отток и транспирация не являются постоянными, а изменяются соответственно распределению напоров в водоносном горизонте, высоте стояния грунтовых вод и интенсивности транспирации. Поэтому условиям расходования при пополнении более отвечает период спада, следующий непосредственно за подъемом, когда инфильтрационное питание отсутствует.

Следовательно, общее количество воды, поступившей путем инфильтрации на уровень грунтовых вод, можно выразить несколько видоизмененным уравнением Н.Н.Бндемана

$$V = \beta\left(\Sigma \Delta h_1 \pm h_a\right) + \mu \Sigma \frac{\Delta h_2}{\Delta t_2} \Delta t_1 , \qquad (4)$$

где μ – водоотдача грунта, определяемая опытом, доли единицы;

Δh_1 – величина подъема уровня за время Δt_1, м;

Δh_2 – величина последующего спада уровня за время Δt_2, м.

Полученное таким путем общее количество воды, отнесенное к периоду интенсивного питания, дает наибольшее значение инфильтрации ($W_{наиб}$), а отнесенное к году, – среднегодовое (W).

Для расчета величины инфильтрации выбираются наблюдательные пункты, колебания уровня по которым должны отличаться ярко выраженным характером влияния инфильтрации, а также незначительным влиянием поверхностных водотоков и водоемов. В районах расположения таких пунктов должны быть достаточно изучены разрезы и водно-физи-

ческие свойства грунтов в зоне аэрации.

Порядок выполнения работы:

1. Выбирается характерный наблюдательный пункт по графику колебаний уровня грунтовых вод.

2. Определяются водно-физические свойства пород до уровня грунтовых вод: удельный и объемный вес, естественная и капиллярная влажность, мощность капиллярной каймы, максимальная молекулярная влагоемкость, водоотдача. При наличии инженерно-геологической съемки или линейных исследований на массиве определение средних показателей водно-физических свойств можно произвести по этим материалам.

3. Все сведения по режиму уровня грунтовых вод заносятся в таблицу и производятся арифметические подсчеты.

Пример. 1. График колебания уровня грунтовых вод по выбранному характерному наблюдательному пункту приводится на рисунке.

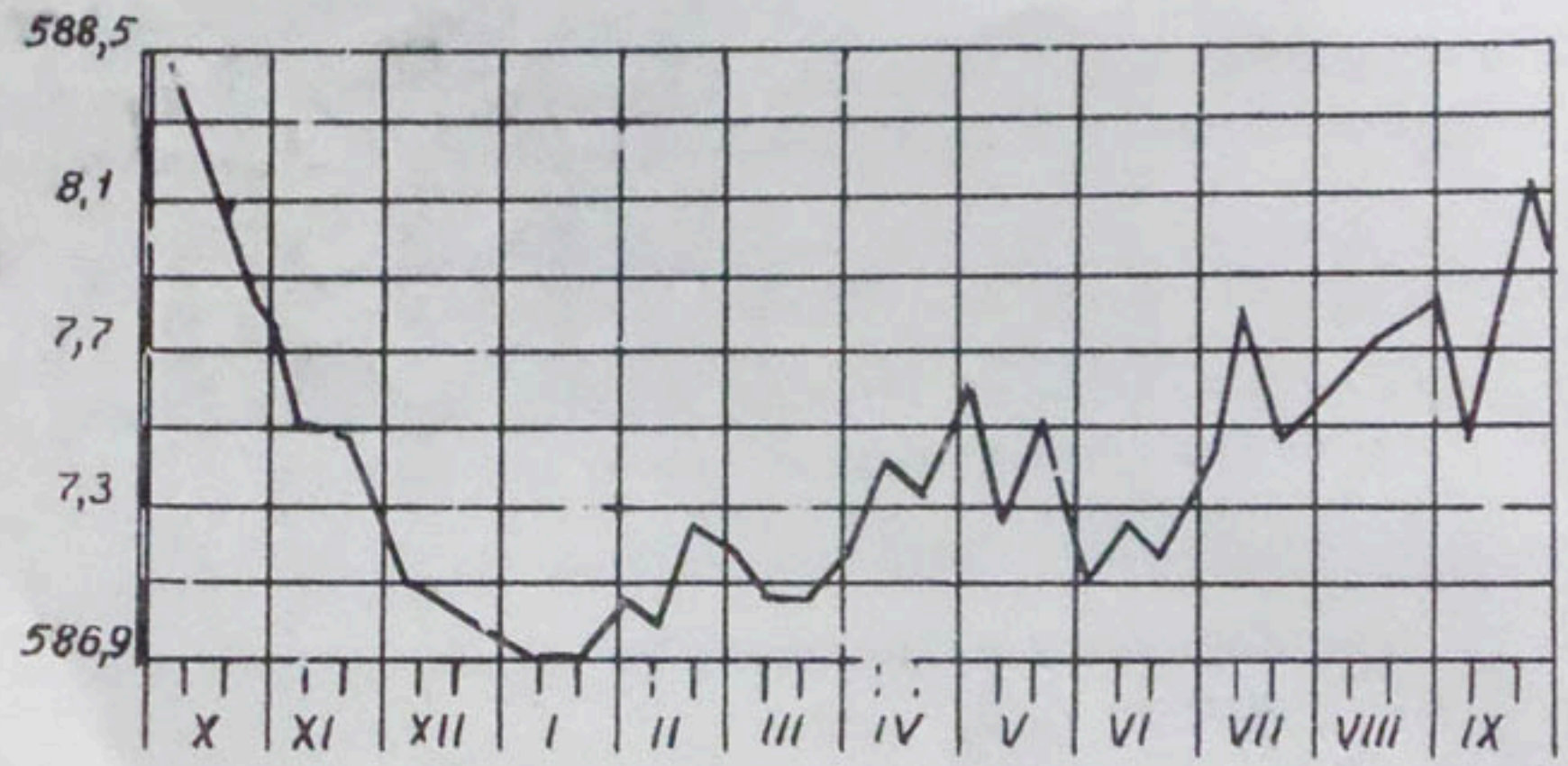


График колебания уровня грунтовых вод по скважине 114.

2. Грунт - суглинок легкий с удельным весом 2,68 $т/м^3$, с объемным весом скелета δ = 1,35 $т/м^3$; предельной влагоемкостью $W_п$ = 0,27; мощностью капиллярной каймы $h_к$ = 1,6 м; капиллярной влажностью $W_к$ = 0,18; полевой влагоемкостью $W_т$ =0,15 ; при -

Данные по скважине 114 для подсчета инфильтрационного питания грунтовых вод

Период подъема уровня	Продолжительность Δt_1, сутки	Изменение уровня Δh_1, м	Последующий период спада уровня	Продолжительность Δt_2, сутки	Изменение уровня Δh_2, м	Скорость $\frac{\Delta h_2}{\Delta t_2}$, м/сутки	Вероятное изменение уровня $\frac{\Delta h_2}{\Delta t_2} \Delta t_1$, м
20/1-31/1	11	0,15	31/1-10/П	10	0,08	0,008	0,09
10/П-20/П	10	0,26	20/П-2/Ш	10	0,07	0,007	0,07
20/Ш-10/1У	21	0,38	10/1У-20/1У	10	0,09	0,009	0,19
20/1У-1/У	11	0,33	1/У-8/У	8	0,44	0,055	0,60
8/У-20/У	11	0,32	20/У-31/У	11	0,48	0,043	0,47
31/У-10/У1	10	0,20	10/У1-20/У1	10	0,10	0,010	0,10
20/У1-10/УП	20	0,68	10/УП-20/УП	10	0,38	0,038	0,76
20/УП-2/1Х	13	0,38	2/1Х-10/1Х	8	0,38	0,047	0,61
10/1Х-25/1Х	15	0,70	25/1Х-30/1Х	5	0,28	0,056	0,84
Сумма	122	3,40					3,73

нятым объемом защемленного воздуха $n_в = 0,04$; водоотдачей $\mu = 0,05$; $h_a = 587,88-586,92 = 0,96$ м.

3. Заносим в таблицу данные колебания уровня грунтовых вод, производим расчеты и находим:

$$\beta = \beta_1 + \beta_2 = (0,27-0,19)\ 1,55-0,04+(0,19-0,15)\times 1.55 = 0,14.$$

$$V = 0,14\times 2,44+0,05\times 3,73=0,53\ м^3/год.м^2.$$

$$W_{наиб} = \frac{0,53 \cdot 10^7}{122\times 86400} = 0,5\ л/сек.га,$$

$$W = \frac{0,53 \cdot 10^7}{31,5 \cdot 10^6} = 0,17\ л/сек.га.$$

Выводы

Предлагаемый метод позволяет рассчитать весьма важный для проектирования дренажа параметр – инфильтрационное питание грунтовых вод по данным режимных наблюдений за колебаниями уровня и по свойствам грунтов зоны аэрации без привлечения материалов специальных работ по определению величин подземного оттока и транспирации. Данный метод использовался при составлении гидрогеологического обоснования проектов дренажа вновь осваиваемых земель на Джалалабадском канале в Афганистане и строительных площадках промпредприятий Тахиаташского гидроузла на Амударье.

Литература

1. Н.Н.Биндеман. К определению запасов грунтовых вод зандровых и аллювиальных равнин. "Разведка и охрана недр", 1960, № 10.

2. Ф.М.Бочевер, И.В.Гармонов, А.В.Лебедев, В.М.Шестаков. Основы гидр.геологических расчетов. М., 1969.

3. А.Г.Владимиров. Критическая глубина до грунтовых вод. Бюлл. НТИ Министерства геологии и охраны недр СССР, 1958, № 3.

УДК 551.49.81:626.862.4

Б.ЖУМАНОВ, нач.партии
(Средазгипроводхлопок)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНФИЛЬТРАЦИОННОГО ПИТАНИЯ СКВАЖИН СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В СЛОИСТОЙ СРЕДЕ

Главным показателем для определения параметров систематического площадного вертикального дренажа (густота скважин, их оптимальный дебит и рабочее понижение уровня воды) при известном фильтрационном строении мелиорируемого объекта является величина инфильтрационного питания подземных вод.

Эта величина подсчитана по данным двухлетних наблюдений, проведенных автором на опытно-производственной системе вертикального дренажа в совхозе № 18 Голодной степи.

Опытно-производственная система вертикального дренажа состоит из шестнадцати эксплуатационных скважин, размещенных по квадратной сетке с шагом 300 м (рис.1). Фильтры эксплуатационных скважин установлены в интервалах глубин 30-45 м - на всю мощность первого водоносного горизонта. Система оборудована сетью наблюдательных скважин с фильтрами в первых четырех горизонтах (рис.2).

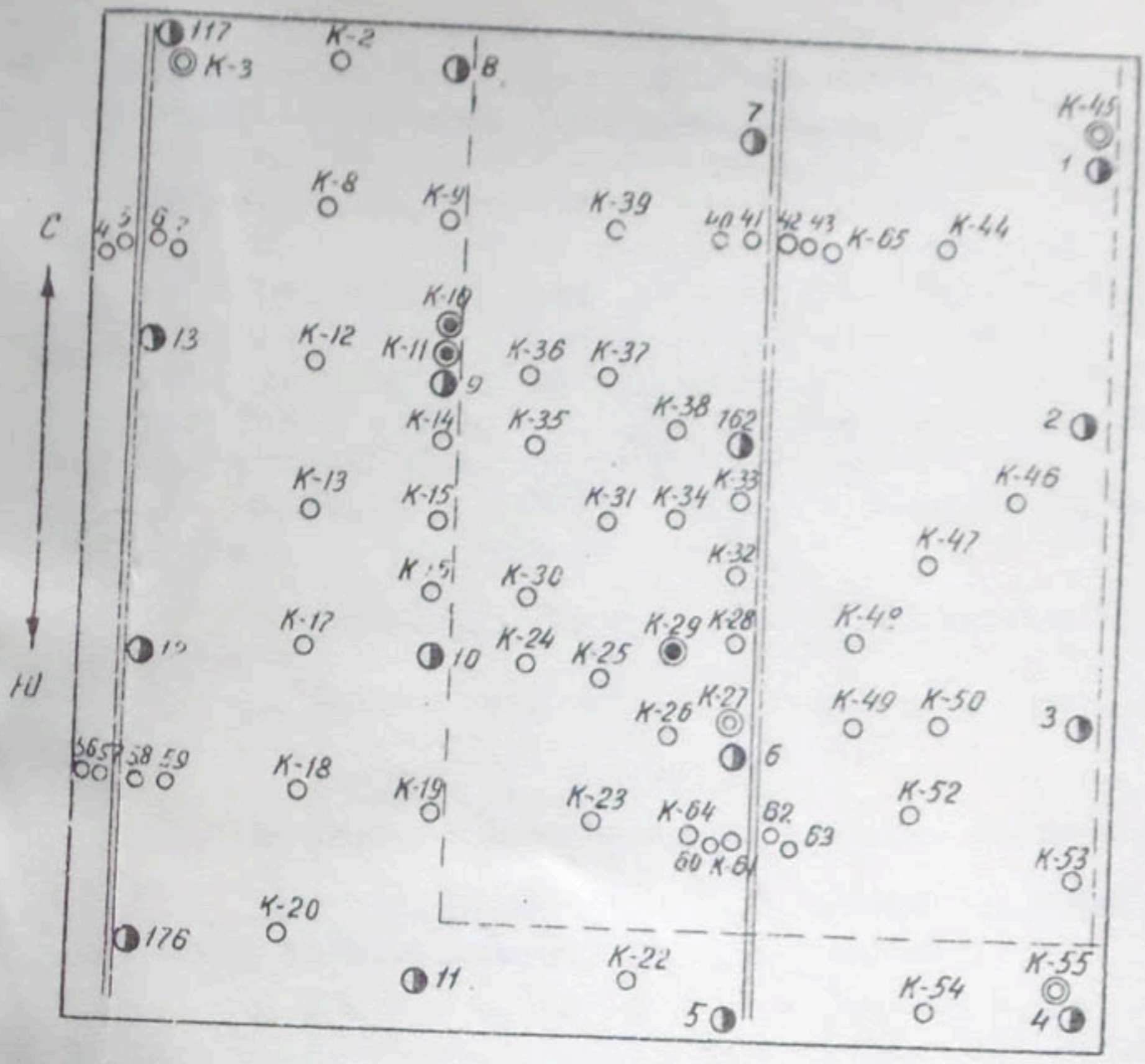


Рис.1. План опытно-производственной системы вертикального дренажа в совхозе № 19:
1- коллекторная сеть; 2- оросительная сеть;
3- куст из четырех наблюдательных скважин;
4- куст из трех наблюдательных скважин;
5- куст из двух наблюдательных скважин;
6- одиночная наблюдательная скважина; 7- эксплуатационная скважина.

В гидрогеологическом отношении территория участка представляет собой двухпластовую гидравлически связанную систему с покровным и подстилающим слабопроницаемыми глинистыми слоями. В вертикальном разрезе здесь выделяются следующие горизонты:

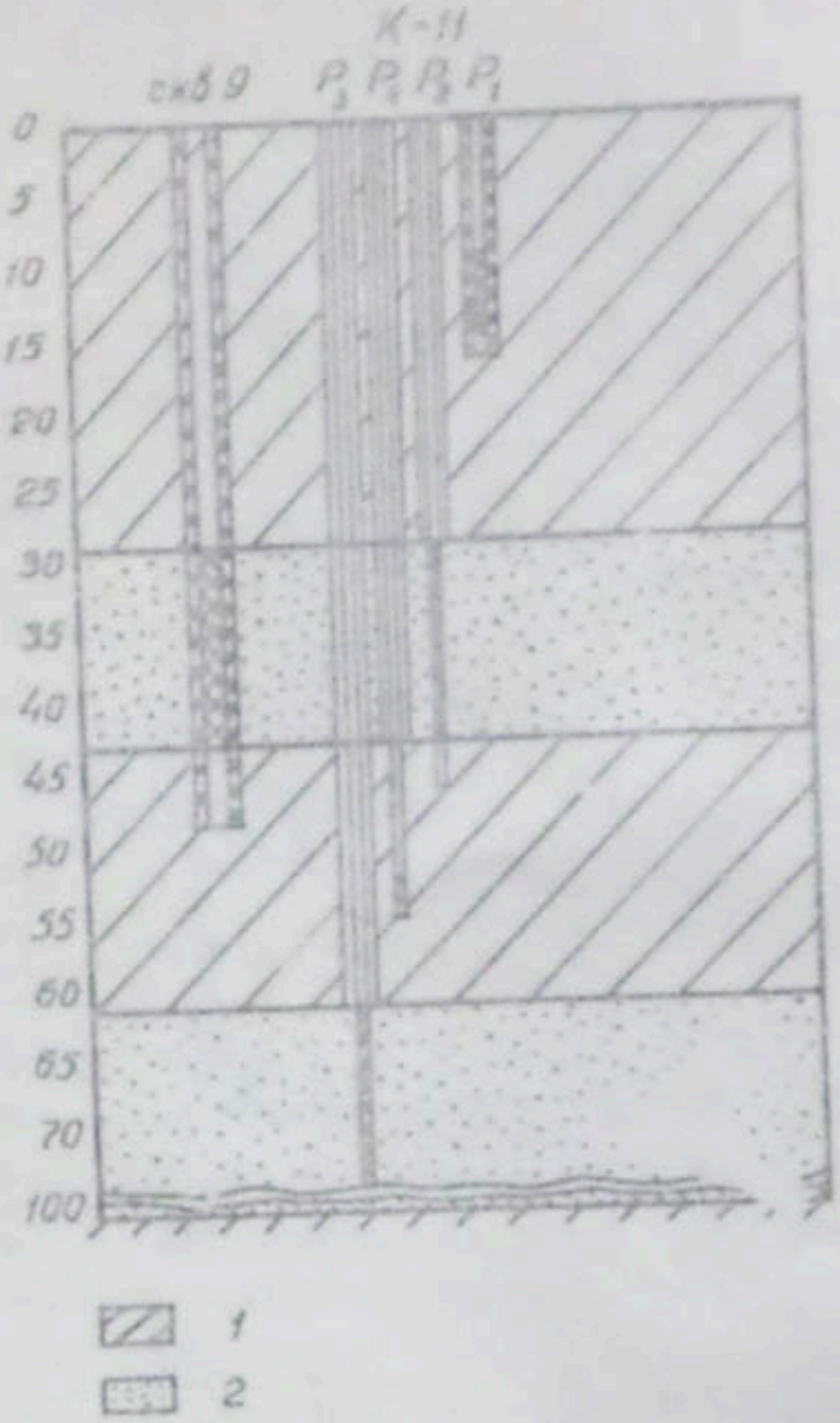


Рис.2. Литологический разрез и конструкции скважин:
1- глины, суглинки и супеси; 2- пески;
Р- наблюдательная скважина.

1. Покровный слой - суглинки тяжелые, средние, легкие пылеватые с прослоями глины пылеватой; супе-

си тяжелые и легкие с линзообразными прослоями тонкозернистых песков; мощность слоя в среднем 30 м.

2. Первый водоносный горизонт – пески мелкозернистые серые. Мощность слоя 15 м.

3. Разделяющий слой – глины пылеватые, суглинки тяжелые, средние и легкие с мелкими прослоями супеси тяжелой и легкой. Мощность в среднем 24 м.

4. Второй водоносный горизонт – пески мелкозернистые серые с прослоями тонкозернистых заглинизированных песков. Мощность в среднем 40 м.

5. Глины и тяжелые суглинки разведанной мощностью более 50 м (водоупорный слой).

Анализ материалов и расчеты выполнены тремя методами:

по дебиту скважин, работающих в водонепроницаемом контуре;

по балансу грунтовых вод;

по данным наблюдений за режимом подземных вод.

Оценка инфильтрационного питания по дебиту скважин в водонепроницаемом контуре [17].

В е г е т а ц и о н н ы й п е р и о д 1970 г. Для расчета инфильтрационного питания W определяют суммарный расход четырех внутриконтурных скважин, а по графикам режима в пределах зоны действия этих скважин устанавливают снижение уровней грунтовых вод и среднее значение разности напоров в песчаных горизонтах за период эксплуатации и по формуле находят величину W

$$W = \frac{\Sigma Q_{1-4}}{\omega_{1,4}} - \frac{\Delta h_{ср} \cdot \mu + m \cdot \mu^*}{t} - \frac{\Delta h'_{ср} K_p}{m_p}, \quad (1)$$

где ΣQ_{1-4} – суммарный дебит четырех скважин, $м^3$/сутки;

ω_{1-4} – площадь зоны влияния этих скважин, $м^2$,

$\Delta h_{ср}$ – среднее значение снижения уровня грунтовых вод на этой площади за расчетный период, м;

μ – гравитационная водоотдача покровного слоя;

m – мощность основного водоносного горизонта, м;

$\Delta h'_{ср}$ – среднее значение разности напоров в песчаных горизонтах за расчетный период t, м;

$K_р$ – коэффициент фильтрации разделяющего слоя, м/сутки,

$m_р$ – мощность разделяющего слоя, м;

μ^* – упругая водоотдача песчаного пласта.

Исходные данные для расчета:

ΣQ_{1-4} = 5426 м^3/сутки; $\Delta h'_{ср}$ = 3,41 м; ω_{1-4} = 785000м^2;

μ^* = 5.10^{-4}; t = 45 суток; $\Delta h_{ср}$ = 1,8 м;

μ = 0,08; m = 15 м; $m_р$ = 24 м;

$K_р$ = 0,005 м/сутки; W = 0,0041 м/сутки.

Неравновесный период – с 24 сентября 1970 г. по 15 марта 1971 г. В этом случае отсутствуют упругие запасы, так как при длительной откачке они будут сработаны. Формула (1) будет иметь вид:

$$W = -\frac{\Sigma Q_{1-4}}{\omega_{1-4}} - \frac{\Delta h_{ср} \cdot \mu}{t} - \frac{\Delta h'_{ср} \cdot K_р}{m_р}. \quad (2)$$

Исходные данные для расчета:

ΣQ_{1-4} = 5128 м^3/сутки; $\Delta h'_{ср}$ = 7,80 м; ω_{1-4} = 785000 м^2;

μ = 0.08; $\Delta h_{ср}$ = 0,2 м; $m_р$ = 24 м; t = 175 суток;

K_p = 0,005 м/сутки; W = 0,0035 м/сутки.

В е г е т а ц и о н н ы й п е р и о д – 20 мая по 31 августа 1971 г. С 15 марта по 20 мая 1971г. скважины были остановлены и велись наблюдения за восстановлением уровней. К моменту начала откачки уровни грунтовых вод находились на глубине 6–7 м. С 21 мая началась групповая откачка из 16 скважин. В начальный период откачки резко стали снижаться напоры воды в горизонтах. Одновременно с групповой откачкой проводились поливы хлопчатника, и примерно в среднем через 30 суток под влиянием инфильтрации поливных вод уровни стабилизировались, и начался подъем их во всех горизонтах.

Отрезок времени до подъема уровней позволяет определить инфильтрационное питание по дебиту скважин в непроницаемом контуре. Формула для расчета инфильтрационного питания та же (2).

Исходные данные для расчета:

ΣQ_{1-4} = 5426 м^3/сутки; $\Delta h'_{ср}$ = 3,60 м; ω_{1-4} = 785000 м^2;

m_p = 24 м; $\Delta h_{ср}$ = 1,5 м; K_p = 0,005 м/сутки;

μ = 0,06; t = 30 суток; W = 0,003 м/сутки.

Оценка инфильтрационного питания по балансу грунтовых вод [1]. Расчетные формулы баланса грунтовых вод:

$$\mu \cdot \Delta h_{\Delta t} = \Sigma B_{г.в} - \Sigma (W_{и+тр} \cdot \Delta t') - \frac{\Delta H_{ср}}{\Phi_ж} \Delta t \quad (3)$$

$$B_{г.в} = W_n \cdot t_n \quad (4)$$

$$\Phi_ж = \frac{m_в}{K_в}, \quad (5)$$

где μ – гравитационная водоотдача

$\Delta h_{\Delta t}$ – снижение уровня грунтовых вод за расчетный период Δt, м;

$\Sigma B_{г.в}$ – суммарное пополнение запасов грунтовых вод при поливах, м;

$W_п$ – интенсивность инфильтрации поливных вод, м/сутки;

$t_п$ – продолжительность полива, сутки;

$\Sigma(W_{и+тр}\cdot\Delta t')$ – объем воды, израсходованной на испарение и транспирацию, м;

$\Delta t'$ – межполивной период, сутки;

$W_{и+тр}$ – интенсивность испарения и транспирации.

$$W_{и+тр}\cdot\Delta t'=\mu\left(\Delta h'-\frac{\Delta H'_{ср}}{\Phi_z}\Delta t'\right), \qquad (6)$$

где $\Delta h'$ – средняя за время $\Delta t'$ разность отметок уровня грунтовых вод и пьезометрического уровня в пласте;

Φ_z – сопротивление покровного слоя;

$m_в, K_в$ – мощность и коэффициент фильтрации покровного слоя.

Если в формуле баланса грунтовых вод приходные и расходные статьи равны, то все параметры определены правильно. По нижеприведенной формуле можно вычислить инфильтрационное питание

$$W=\frac{\Sigma B_{г.в}-\Sigma_i'(W_{и+тр}\cdot\Delta t')}{\Delta t}, \qquad (7)$$

где $\Delta t=\Delta t'+\Sigma t_{п}$.

Вегетационный период 1970 г. Расчеты W по балансу грунтовых вод для этого периода проводились только по второму поливу. Остальные поливы были неравномерны по участку.

Вычислим общий объем воды, израсходованной на испарение и транспирацию, по формуле (6)

$$W_{и+тр}\cdot\Delta t' = 0{,}06\ \left(1 - \frac{0{,}8}{200} - 25\right) = 0{,}048\ м,$$

или за единицу времени $W_{и+тр} = \frac{0{,}048}{25} = 1{,}8 \cdot 10^{-3}$ м

Суммарное пополнение грунтовых вод:

$\Sigma B_{г.в} = 0{,}042 \times 5 = 0{,}210$ м; $\frac{\Delta H'_{ср}}{\Phi_{\Sigma}} = 0{,}1.$

Для расчета интенсивности инфильтрации поливных вод $W_п$ необходимо достичь квазистационарного режима фильтрации в обоих слоях, то есть равномерного снижения уровней грунтовых и напорных вод до начала поливов.

При поливах инфильтрационные поливные воды, достигая уровня грунтовых вод, вызывают резкий их подъем. Определив по графику величину подъема Δh за время Δt, можно вычислить параметр $W_п$ для каждого полива по всем наблюдательным скважинам (рис.3)

$$W_п = \mu\frac{\Delta y + \Delta z}{\Delta t} = \mu\frac{\Delta h}{\Delta t}, \qquad (8)$$

где μ – гравитационная водоотдача;

Δy – подъем уровня грунтовых вод за счет инфильтрации поливных вод за время Δt, м;

Δz – снижение УГВ за счет действия скважин систематического вертикального дренажа за время Δt, м;

Δh – подъем уровня грунтовых вод за счет инфильтрации поливных вод при условии, что скважины не работают и разгрузка в нижние водоносные горизонты не происходит.

Параметр $W_п$ складывается из двух величин:

1) $\mu\frac{\Delta y}{\Delta t}$ – количество инфильтрационных поливных вод, идущее на пополнение запасов грунтовых вод;

2) $\mu \frac{\Delta z}{\Delta t}$ – количество инфильтрационных поливных вод, идущее на питание водоносного горизонта.

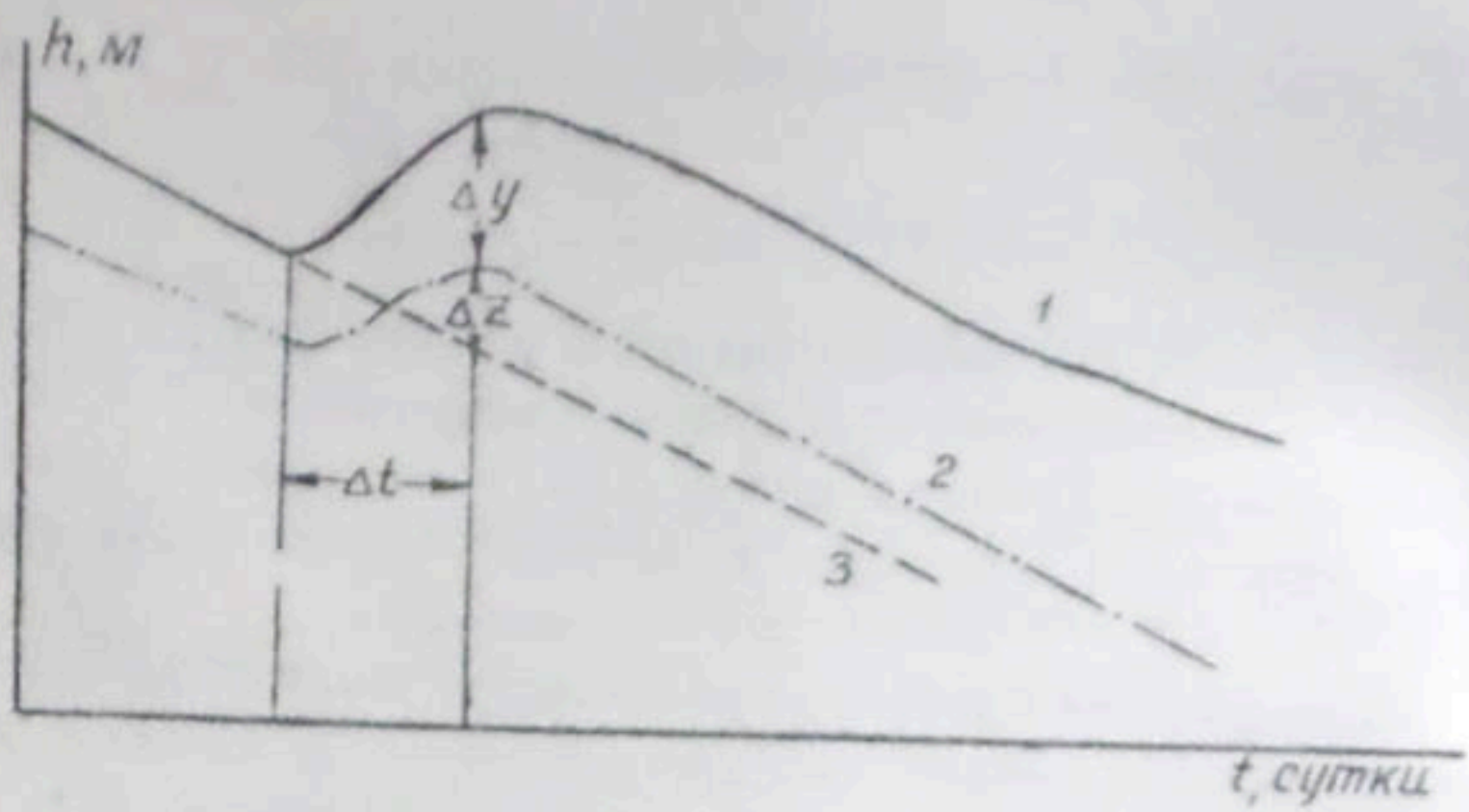


Рис.3. Схема к расчету параметров W_n и W:

1 – уровень грунтовых вод; 2 – пьезометрический уровень; 3 – предполагаемое снижение уровн. грунтов х вод без поливов.

При равномерном поливе, постоянном дебите скважин и неглубоком залегании уровня грунтовых вод можно с достаточной точностью определить параметр W_n для всего вегетационного периода и для каждого полива. Для этого необходимо знать величину $\mu_н$ – недостаток насыщения. Для данных условий $\mu_н = 0{,}16$ (при $\mu = 0{,}06 \div 0{,}08$).

Результаты расчета величины W_n приведены в табл. 1.

По формуле (3) для расчета баланса грунтовых вод определяем

$$\mu \Delta h_{\Delta t} = 0{,}06 \cdot 1 = 0{,}06$$

$$\Sigma B_{св} - \Sigma(W_{u+тр} \Delta t') - \frac{\Delta H_{ср} \cdot \Delta t'}{\Phi_z} = 0{,}210 - 0{,}048 - 0{,}1 = 0{,}062,$$

$$0{,}06 \approx 0{,}062.$$

Таблица 1

Результаты расчета величины $W_п$

Номер наблюдательной скважины	$\mu_н$	Δy, м	Δz, м	Δt, сутки	Величина $W_п$, м/сутки
		Второй полив			
30	0,16	1,08	0,52	6,5	0.040
31	0,16	0,68	0,80	7,0	0,030
37	0,16	0,84	0,34	4,0	0,047
39	0,16	0,96	0,48	7,0	0,033
49	0,16	0,76	0,32	3,0	0,057

$W_{п.ср}$ = 0,042 м/сутки

		Третий полив			
13	0,16	1,08	0,60	6,5	0,041
18	0,16	0,80	0,62	8,0	0,029
30	0,16	0,80	0,40	4,5	0,043

$W_{п.ср}$ = 0,037 м/сутки

Баланс грунтовых вод сходится, следовательно, все параметры определены правильно. При помощи этих параметров можно вычислить W – инфильтрационное питание для второго полива по формуле

$$W = \frac{\Sigma B_{г.в} - \Sigma(W_{и+тр} \cdot \Delta t')}{\Delta t},$$

$\Delta t = \Delta t' + \Delta t_п$ = 25 + 5 = 30 суток;

$\Sigma B_{г.в}$ = 0,210 м;

$\Sigma(W_{и.тр} \cdot t) = 0{,}048$ м; $\quad W = \frac{0{,}21 - 0{,}048}{30} = 0{,}005$ м/сутки.

Оценка инфильтрационного питания по данным наблюдений за режимом грунтовых вод.

Вегетационный период - июль-август 1970 г. Инфильтрационное питание скважин во время поливов определяется по режиму грунтовых вод (см.рис.3)

$$W = \mu \frac{\Delta z}{\Delta t}, \qquad (9)$$

где μ - гравитационная водоотдача;

Δz - снижение уровня грунтовых вод за счет инфильтрации воды в нижний горизонт под действием работы скважин за время Δt .

Результаты расчета величины W приведены в табл.2.

Невегетационный период - с 24 сентября 1970 г. по 15 марта 1971 г. При отсутствии поливов инфильтрационное питание напорного горизонта определяется по формуле

$$W = K_в \left(\frac{h - H}{h} \right), \qquad (10)$$

где h - мощность покровного слоя, м;

$K_в$ - коэффициент фильтрации покровного слоя, м/сутки;

H - напор в нижнем напорном горизонте, м.

Куст 30. $K_в = 0{,}1$ м/сутки; $h - H = 0{,}6$ м; $h = 20$ м;

$$W = 0{,}1 \cdot \frac{0{,}6}{20} = 0{,}003 \text{ м/сутки.}$$

Таблица 2

Результаты расчета величины W

Номер наблюдательной скважины	μ	Δz, м	Δt, сутки	Величина W, м/сутки
Второй полив				
30	0,06	0,52	6,5	0,0048
31	0,06	0,60	7,0	0,0051
37	0,06	0,34	4,0	0,0051
39	0,06	0,48	7,0	0,0041
49	0,06	0,32	3,0	0,0064
$W_{ср}$ = 0,005 м/сутки				
Третий полив				
13	0,06	0,60	6,5	0,0055
18	0,06	0,62	8,0	0,0046
30	0,06	0,40	4,5	0,0053
$W_{ср}$ = 0,0051 м/сутки				

Среднее значение величины W по 40 определениям составляет 0,0043 м/сутки.

Вегетационный период – май–август 1971 г. В этот период (период групповой откачки) скважины были включены в работу до начала поливов.

Уровень грунтовых вод на участке залегал на глубине 6,0–7,0 м. После включения скважин в напорных слоях резко начали снижаться уровни подземных вод, а уровни грунтовых вод – с некоторым запозданием.

С началом поливов под влиянием инфильтрующихся поливных вод уровни во всех горизонтах поднялись.

До момента подъема уровней расходы скважин обеспечивались за счет инфильтрационного питания с верхнего покровного и нижнего песчаного слоев через разделяющий слой. Для этого периода инфильтрационное питание определяется при квазистационарном режиме фильтрации, когда поливные воды не влияют на подъем УГВ, на основании режима грунтовых и напорных вод (рис.4) по формуле (10).

Куст 48. $K_в$ = 0,1 м/сутки; $h-H$ =0,72 м;

h = 20 м; W = 0,0036 м/сутки.

Среднее значение величины W по 40 определениям составляет 0,0036 м/сутки.

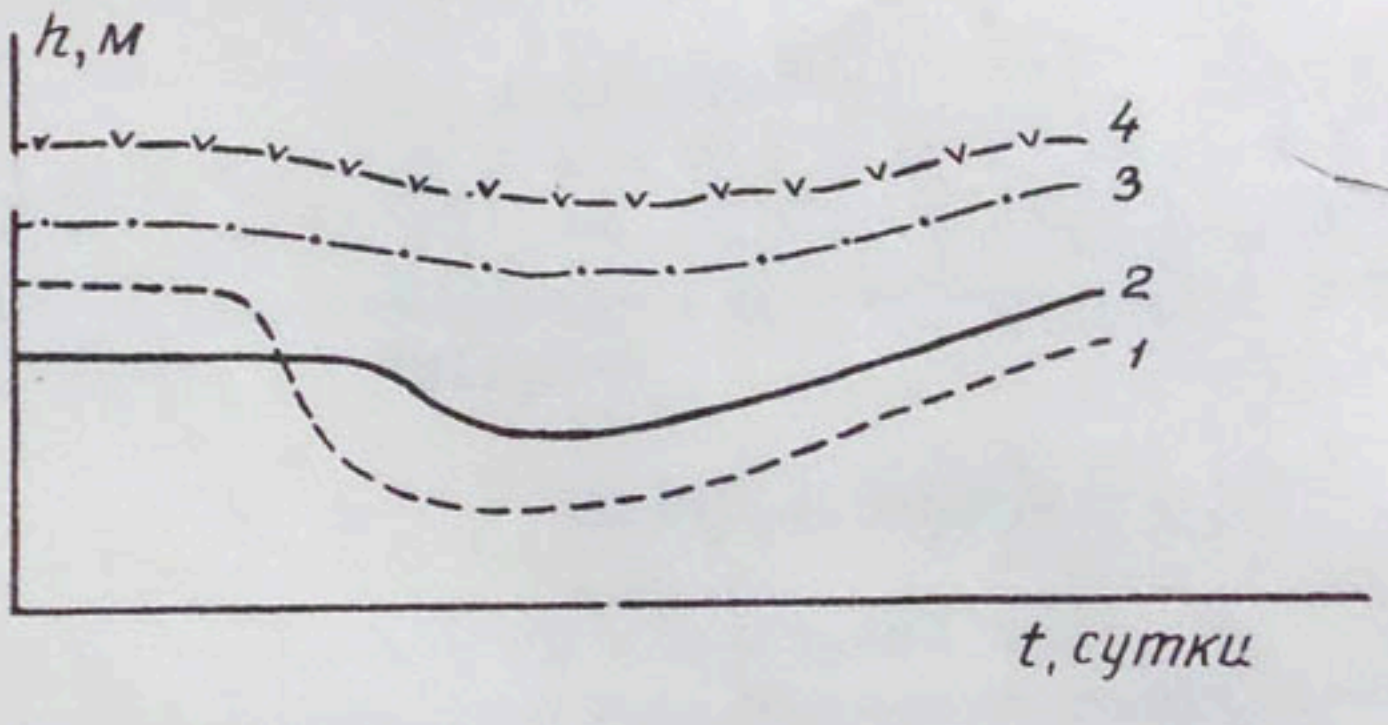


Рис.4. Режим подземных вод при глубоком залегании уровня грунтовых вод.

Изменение величины инфильтрационного питания и интенсивности перетекания со второго водоносного горизонта в зависимости от глубины залегания уровня грунтовых вод

Результаты расчетов инфильтрационного питания скважин вертикального дренажа показывают, что с увеличением глубины залегания уровня грунтовых вод уменьшается величина инфильтрацион ого питания (рис.5).

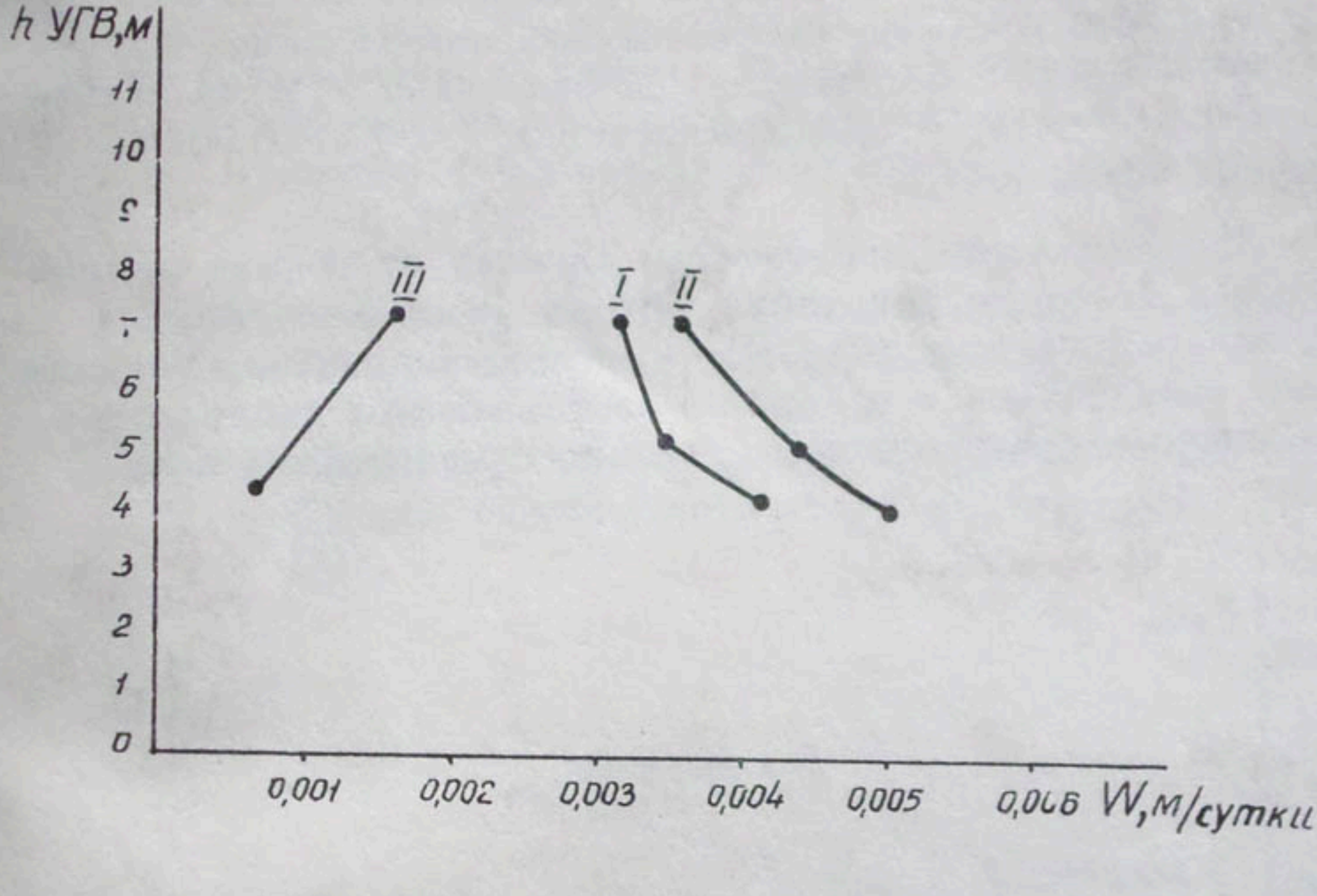


Рис.5. Графики изменения величины инфильтрационного питания W и интенсивности перетекания с нижнего пласта в зависимости от глубины залегания уровня грунтовых вод:

величина W : I- по расходу скважин; II- по режиму подземных вод; III- величина q .

В условиях работы скважин систематического вертикального дренажа в непроницаемом контуре дебиты скважин обеспечиваются инфильтрационным питанием водой из покровного слоя и перетеканием (q) из второго песчаного слоя через разделяющий слой. Следовательно, при низком залегании уровня грунтовых вод интенсивность перетекания q с нижнего пласта увеличится, чтобы компенсировать уменьшенное количество воды, поступающей с покровного слоя инфильтрационным питанием. Это подтверждается следующими данными.

Когда уровень грунтовых вод в среднем залегал на глубине 3–4 м, величина инфильтрационного питания W = 0,0042 м/сутки, интенсивность перетекания q = 0,00071 м/сутки, а при залегании УГВ на глубине 7–8 м W = 0,0085 м/сутки и q = 0,0018 м/сутки (см.рис.5).

Интенсивность перетекания зависит от полива земель (рис.6). Во время вегетации 1971 г. уровень грунтовых вод залегал глубоко (7–8 м), а интенсивность перетекания резко сократилась и основным составляющим дебита скважин стало инфильтрационное питание с покровного слоя.

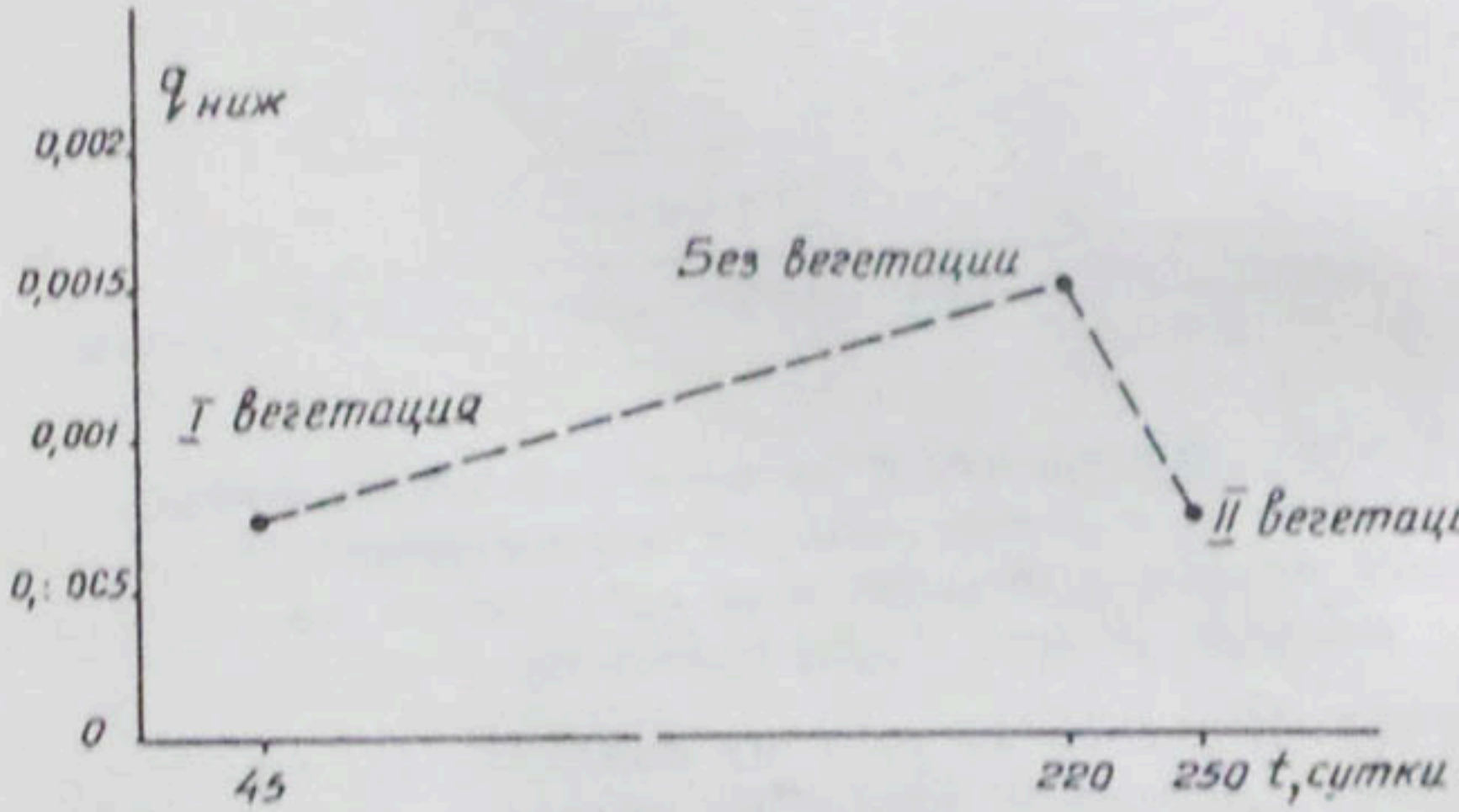


Рис.6. График изменения интенсивности питания скважин с нижнего песчаного пласта в зависимости от поливов.

На основании этого можно утверждать, что при эксплуатации скважин систематического дренажа в слоистых системах нет необходимости снижать уровень грунтовых вод на большую глубину и включать в работу нижние водоносные горизонты. Этот вывод в дальнейшем необходимо использовать для определения оптимального режима работы системы скважин вертикального дренажа на объектах Голодной и Каршинской степей.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. А.М.Сойфер, Ф.Карамов. Сводный отчет о гидрогеологических исследованиях первой очереди вертикального дренажа Дальварзинской степи. Средазгипроводхлопок, 1971.

2. Н.Н.Биндеман. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод. М., Госгеолтехиздат, 1963.

3. Ф.М.Бочевер, И.В.Гармонов, А.В.Лебедев, В.М.Шестаков. Основы гидрогеологических расчетов. М., "Недра", 1969.

УДК 626.245: 551.495

А.М.СОЙФЕР, канд.геол.-минер.наук,
гл.спец.

(Средазгипроводхлопок)

МЕТОДИКА ЭКСПРЕСС-ОПРОБОВАНИЯ СКВАЖИН, ВСКРЫВАЮЩИХ УРОВЕНЬ ГРУНТОВЫХ ВОД

При проведении гидрогеологических исследований на массивах проектируемого орошения значительное внимание уделяется изучению исходного положения уровня грунтовых вод, для чего предусматривается большое количество мелких разведочных скважин.

Экспресс-опробование таких скважин может дать представительную информацию о водопроницаемости покровных отложений. Сущность опытов заключается в мгновенной откачке из скважины или наливе некоторого объема воды и прослеживании процесса подъема или спада уровня [1].
В необсаженных скважинах целесообразно проведение экспресс-откачек, так как в этом случае структура фильтрационного потока, охватывающего только насыщенную зону, будет более простой. Отличительная особенность таких опытов -

переменная во времени водоприемная часть скважины, длина которой ℓ при небольшом заглублении лса уровень грунтовых вод существенно зависит от понижения уровня (рис.1):

$$\ell = h = h_e - S \,. \qquad (1)$$

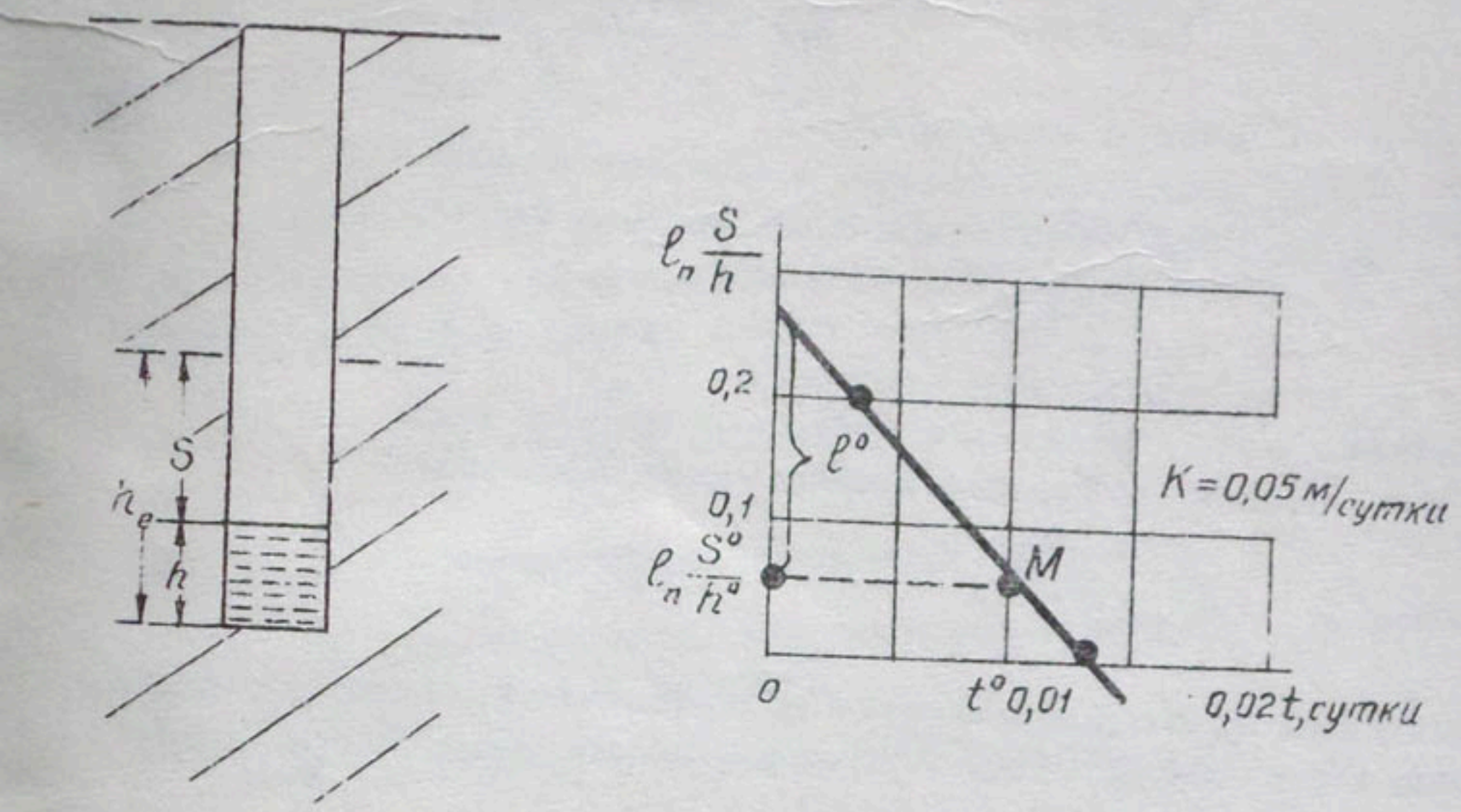


Рис.1. Схема к расчету коэффициента фильтрации по данным экспресс-откачки.

Очевидно, что условие (1) может выполняться только в том случае, когда поступающая к скважине вода над динамическим уровнем удерживается капиллярными силами в глинистых породах и всасывания в скважину практически не происходит. Если опробуемый водоносный горизонт содержит линзы и прослойки песков или крупные почвенные каналы, которые не затираются при бурении скважин, условие (1) нельзя считать справедливым. Следует отметить, что в практике проведения экспресс-откачек, когда опробуются небольшие интервалы водоносного горизонта (до 1,0–1,5 м), такого рода случаи сравнительно редки причем их нетрудно установить, так как график

хода опыта резко "ломается" с момента подъема уровня воды в скважине к песчаной прослойке.

Исходя из предпосылок квазистационарного режима фильтрации при восстановлении уровня [2,8], запишем балансовое уравнение фильтрационного потока к необсаженной скважине:

$$r_c^2 \frac{\partial S}{\partial t} = 2k \frac{S(h_e - S)}{\ell n \frac{1,47(h_e - S)}{r_c}}, \qquad (2)$$

где r_c – радиус скважины;
S – понижение уровня в момент времени t;
h_e – первоначальный слой воды в скважине;
k – коэффициент фильтрации.

Т.. как изменение величины $h_e - S$ существенно не влияет на з.. чение логарифма в правой части уравнения (2), можно в первом приближении принять:

$$\ell n \frac{1,47(h_e - S)}{r_c} \approx \ell n \frac{\ell_{ср}}{r_c},$$

что лучше всего выполняется в начальный период восстановления (при $6 < \frac{\ell}{r_c} < 18$), как это показано Хворслевым [2].

При этом

$$k = \frac{r_c^2 \cdot \ell n \frac{\ell_{ср}}{r_c}}{2t} \int_{S_0}^{} \frac{dS}{S(h_e - S)}, \qquad (3)$$

что дает

$$k = \frac{r_c^2 \cdot \ell n \frac{\ell_{ср}}{r_c}}{2 h_e t} \left[\ell n \frac{S_0}{h_e} - \ell n \frac{S}{h} \right], \qquad (4)$$

или

$$\ell n \frac{S}{h} = \ell n \frac{S_0}{h_e} - \frac{2 h_e \, k t}{r_c^2 \, \ell n \frac{\ell_{ср}}{r_c}}. \qquad (4а)$$

Обработку данных экспресс-откачек из необсаженных скважин целесообразно проводить графоаналитическим методом, причем график $\ell n \frac{S}{h} = f(t)$ должен быть прямой, отсекающей на оси ординат отрезок $\ell n \frac{S_0}{h_e}$.

На графике выбирается произвольная точка М (см.рис.1) с координатами $\ell n \frac{S^\circ}{h^\circ}$ и t°, в соответствии с которыми

$$K = \frac{\ell^\circ \cdot r_c^2 \cdot \ell n \frac{h^\circ}{r_c}}{2 h_e t}, \qquad (5)$$

где $\ell^\circ = \ell n \frac{S_0}{h_e} - \ell n \frac{S^\circ}{h^\circ}$.

Заметим, что при постоянных размерах водоприемной части скважины расчетная зависимость для определения коэффициента фильтрации имеет вид [1,2]:

$$K = \frac{r_c^2}{\alpha t} \ell n \frac{S_0}{S}, \qquad (6)$$

где S – понижение в момент времени;

α – параметр, определяемый формой водоприемной полости.

Для скважины, оборудованной фильтром [1]

$$\alpha = \frac{2\ell}{\ell n \frac{1,47\ell}{r_c}} \qquad (7)$$

а для скважины с открытым дном [3]

$$\alpha \approx 1,6\, r_c. \qquad (8)$$

При обработке результатов серий экспресс-опытов целесообразно использование методов математической статистики, которое оказывается достаточно эффективным при правильном выборе классификационных интервалов. Глинистые породы однотипной генетической группы по материалам разведочного бурения классифицируются с учетом

гранулометрического состава (по В.В. Охотину) и пластичности (СНиП-62). При обобщении данных экспресс-опробования удобнее всего привязывать их именно к этим литологическим разностям, что позволяет применить результаты опробования на других участках исследуемой территории и рассматривать сравнительно узкие диапазоны величин коэффициентов фильтрации.

Приведем в качестве примера результаты экспресс-опробования покровных отложений периферии предгорного шлейфа в Джизакской степи, где в верхней части разреза наиболее распространены суглинки (легкие и средние) и супеси, в которых проведено, соответственно, 66 и 25 экспресс-откачек.

Кривые распределения коэффициентов фильтрации по этим литологическим разностям показаны на рис.2.

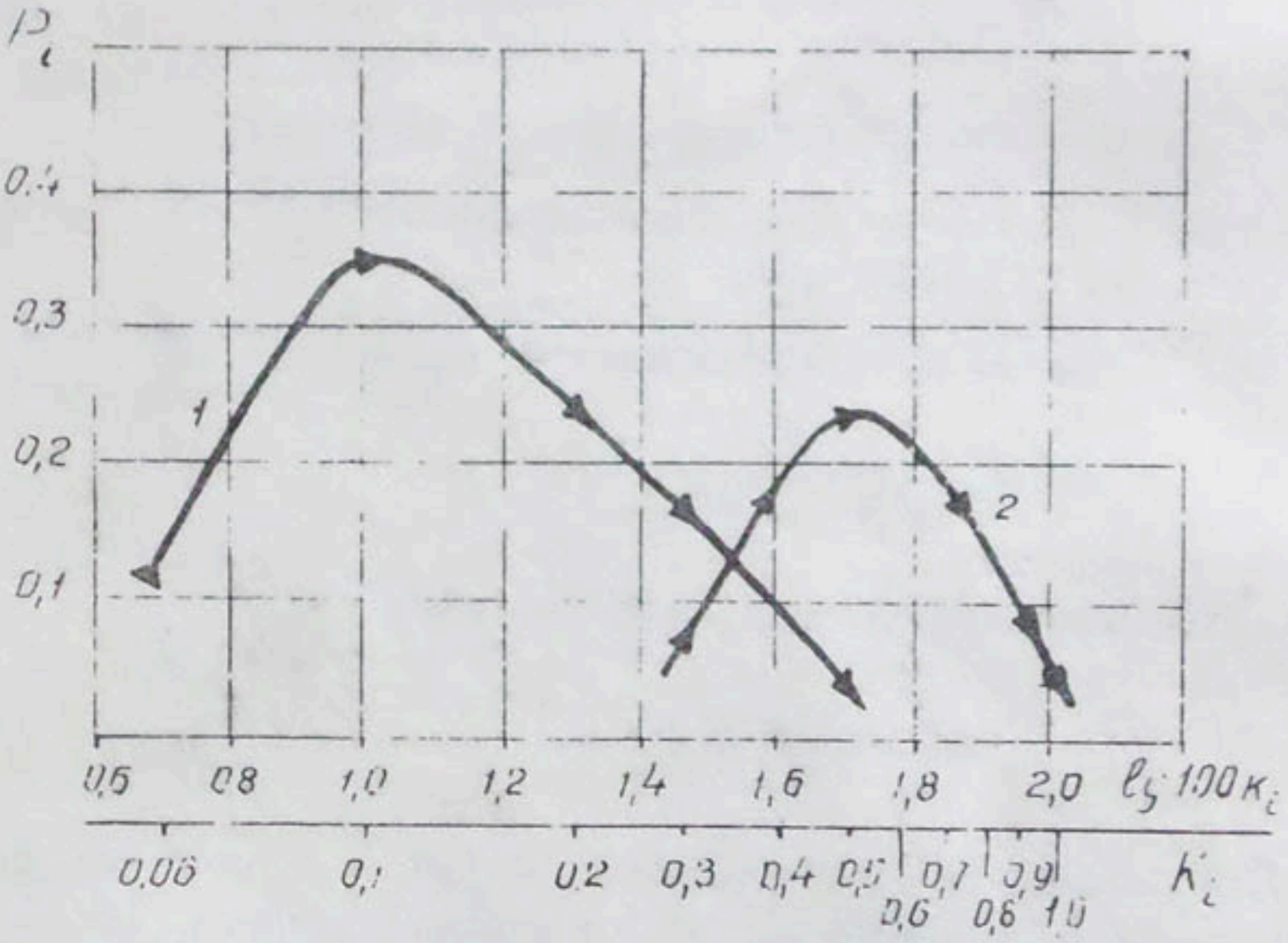


Рис.2. Кривые распределения коэффициентов фильтрации:

1- суглинков (легких и средних), $K=0,18\pm 0,08$ м/сутки; 2- супесей, $K=0,55\pm 0,1$ м/сутки.

В соответствии с общепринятой методикой обработки экспериментальных данных опробования горных пород [3] можно найти показатели однородности рассматриваемых грунтов по водопроницаемости.

$$K_{одн} = \frac{S_к}{\ell g \bar{K} - \ell g K_2}, \qquad (8)$$

$S_к$ – эмпирическое среднее квадратичное отклонение;
$\bar{K}$ – среднее значение коэффициента фильтрации;
K_2 – ближайшее к среднему крайнее значение этого параметра.

По результатам опробования получены значения $K_{одн}$ для суглинков – 0,42 и для супесей – 0,50, что свидетельствует о сравнительной однородности этих грунтов по водопроницаемости и, следовательно, о правильном выборе классификационных интервалов.

Необходимо отметить, что величину коэффициента фильтрации, установленную по каждому экспресс-опыту, следует считать весьма приближенной в силу целого ряда причин, основными из которых являются: неоднородность строения покровных отложений, сложность процесса фильтрации в тонкодисперсной среде, пренебрежение при анализе опыта фильтрационным сопротивлением скважины и несоблюдение в натуре условия. $h_e = const$.

В связи с этим представляется существенно важной оценка надежности определения коэффициентов фильтрации глинистых пород экспресс-методами, которая может быть проведена по меньшей мере двумя путями. Первый путь – это более строгий анализ предпосылок, положенных в основу построения расчетных зависимостей и оценки гидродинамической роли фильтрационного сопротивления прискважинной зоны. Другой – сопоставление данных экспресс-опробования с результатами фильтрационных опытов, теоретически более обоснованных.

Первый путь оценки точности экспресс-опробования представляется более эффективным, однако он, по существу, еще мало исследован.

Сопоставление неоднотипных опытно-фильтрационных работ носит несколько субъективный характер, так как при этом накладываются ошибки опытов и, кроме того, неизбежны различия в структуре фильтрационных потоков, размерах области фильтрации, возмущаемой опытом, и т.д.

Тем не менее такое сопоставление позволяет приближенно судить о надежности определения коэффициентов фильтрации по данным экспресс-опытов и, в силу этого, представляется полезным.

Приведем в качестве примера результаты определений коэффициента фильтрации по 10 экспресс-опытам в зоне влияния дрены 1-К-5-4 (совхоз № 1 Голодной степи) в сравнении с величиной К, установленной по действию самой дрены (рис.3).

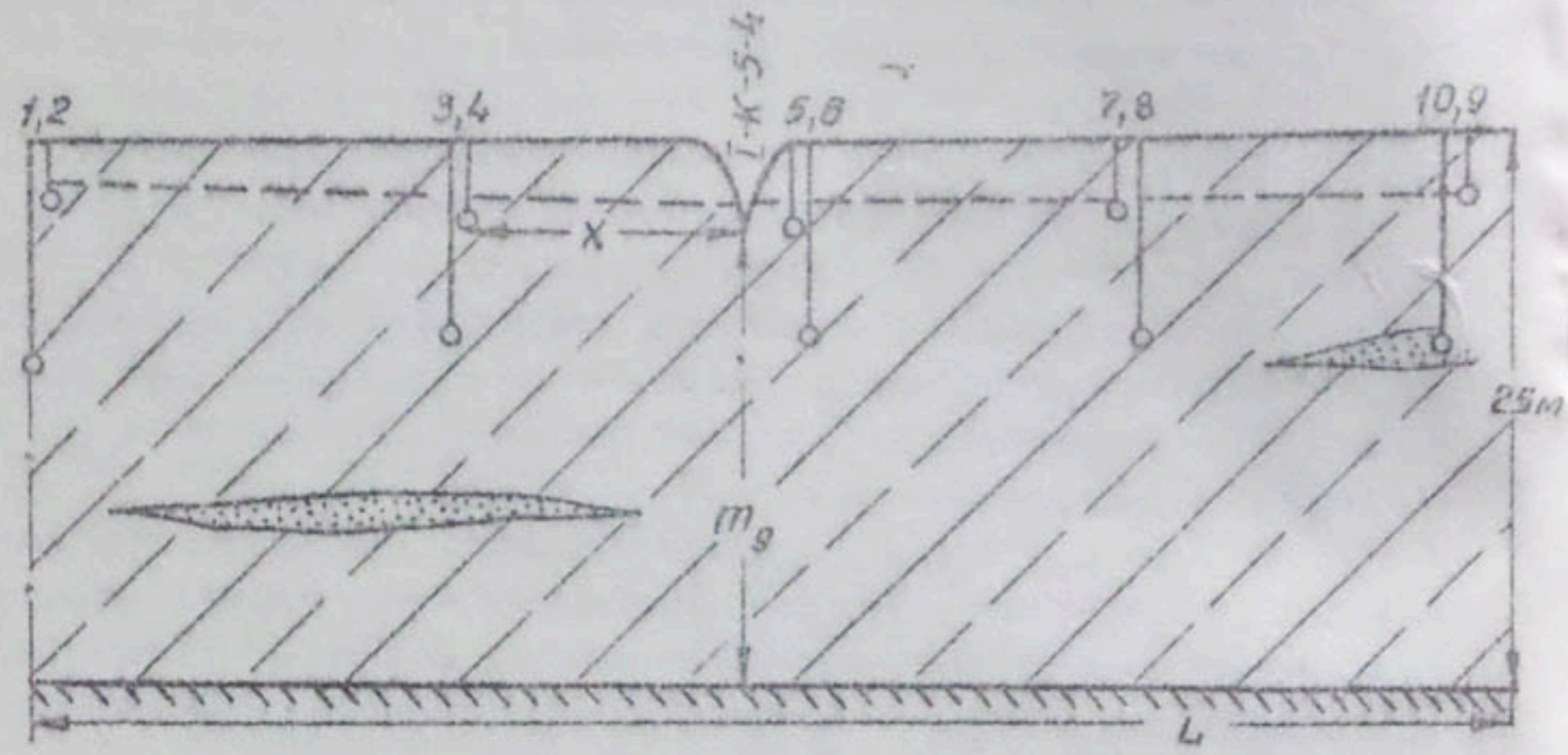


Рис.3. Схема опробования скважин в зоне влияния дрены 1-К-5-4 (о - точки проведения экспресс-откачек).

По данным экспресс-опробования получены следующие значения коэффициентов фильтрации:

Номер скважины	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K, м/сутки	1,28	0,4	1,0	1,4	2,3	2,5	1,5	1,6	0,9	4,8.

Среднее значение коэффициента фильтрации (по скважинам № 1–8, пройденным в супесях) при $S_к$ =0,6 получено K=1,4±0,4 м/сутки и $K_{одн}$=0,8.

Для оценки проводимости пласта и определения средней величины коэффициента фильтрации воспользуемся данными замеров напоров и дебита дрены в период квазистационарного режима сработки уровней. В рассматриваемом случае $\frac{m_д}{L} \approx 0{,}03$ (L =800 м), глинистые породы сравнительно однородны по проницаемости ($K_{одн}$=0,8) и полив проводился одновременно по всей зоне влияния дрены.

Эти условия, соответствующие схеме одномерного планово-плоского потока, позволяют использовать для определения параметров известные аналитические решения [4].

При замерах, проведенных 22/УП-1968 г., дебит дрены был q =0,55 м^3/сутки·пог.м., а значения напоров следующие:

Номер скважины	4	7	2	9
x, м	160	200	400	400
$\bar{x} = \frac{2x}{L}$	0,4	0,5	1	1
h, м	1,61	1,77	2,28	2,20.

При пересечении прямой $h = f[\bar{x}(1 - \frac{\bar{x}}{2})]$ с осями координат получаем отрезки C_1=0,49 м и C_2=–0,14. Для коэффициентов C_1 и C_2 могут быть записаны следующие выражения:

$$\left.\begin{aligned} C_2 &= -2\bar{L}_д = -\frac{4L_д}{L} \\ C_1 &= L_д \frac{q}{T}, \end{aligned}\right\} \qquad (10)$$

где $\frac{L}{T}$ – фильтрационное сопротивление дрены;
g – проводимость пласта.

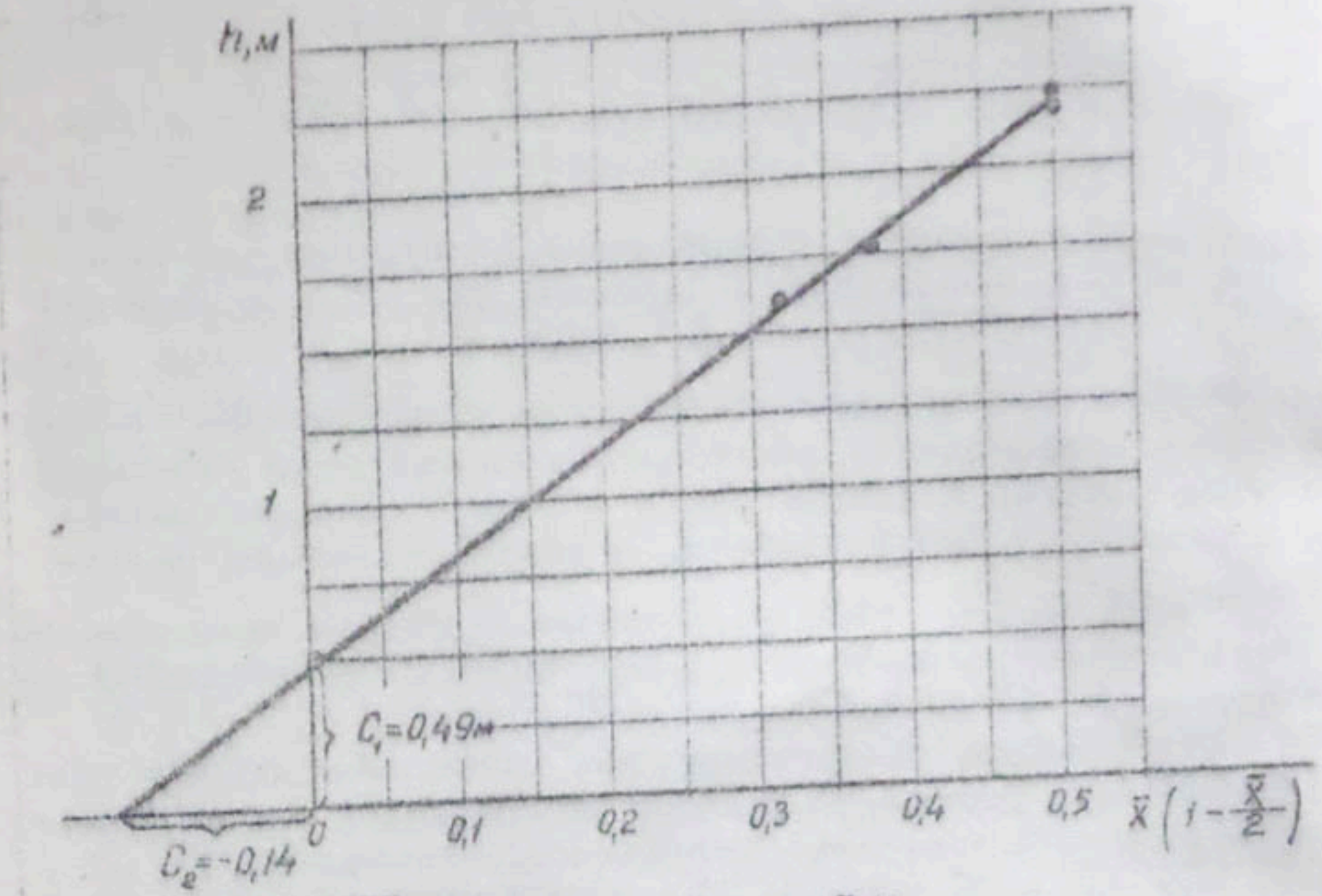


Рис.4. График $h=f\left[\bar{x}\left(1-\frac{\bar{x}}{2}\right)\right]$ по створу к дрене 1–К–5–4.

В этом случае $\frac{L}{T}$ =28 м, T=3,5 м^2/сутки, K=1,3 м/сутки, что достаточно хорошо согласуется с результатами экспресс-опробования (K=1,4±0,4 м/сутки). При аналогичном сравнении удовлетворительные результаты получены и авторами работы [5].

Для условий Джизакской степи сопоставимыми оказались среднегармонические значения коэффициентов фильтрации покровных отложений, определенные по данным экспресс-опробования отдельных литологических разностей, с величинами того же параметра, установленными по данным опытных кустовых откачек и термометрических исследований. Следует, однако, отметить, что такого рода сравнение дает хорошие результаты только в тех случаях,

когда коэффициенты фильтрации отдельных литологических разностей определены по данным представительного количества экспресс-опытов.

В связи с этим при постановке экспресс-опытов необходимо установить оптимальное их количество по каждой изучаемой литологической разности, для чего можно воспользоваться зависимостью [6,7]:

$$n = \frac{1}{\bar{K}^2} \cdot \frac{S_K^2 \cdot t_\beta^2}{\bar{\Delta}^2}, \qquad (11)$$

где t_β – коэффициент, учитывающий заданную надежность опробования;

$\bar{\Delta} = \frac{\varepsilon_K}{\bar{K}}$, ε_K – диапазон гарантированных средних значений К.

При $\beta = 0,95$, обычно рекомендуемом для определения коэффициентов фильтрации [3,8], $t_\beta \approx 2 (n > 10)$. Если число определений невелико, дисперсия S_K^2 будет существенно больше σ^2, причем при $10 < n < 30$ это соотношение $\frac{S_K^2}{\sigma^2} \approx 1,8$ [7, приложение IУ].

Следовательно, если число экспресс-опытов меньше 30, при заданном $\bar{\Delta} = 0,3$ получим

$$n = 1 + 70 \frac{\sigma^2}{\bar{K}^2} \qquad (11а)$$

а при $\bar{\Delta} = 0,2$ имеем

$$n = 1 + 80 \frac{\sigma^2}{\bar{K}^2} \qquad (11б)$$

Если число определений заметно превышает 30–40, получим:

$$\left.\begin{aligned} n &= 25 \frac{\sigma^2}{\bar{K}^2} \quad (\text{для } \bar{\Delta} = 0,4) \\ n &= 45 \frac{\sigma^2}{\bar{K}^2} \quad (\text{для } \bar{\Delta} = 0,3) \\ n &= 100 \frac{\sigma^2}{\bar{K}^2} \quad (\text{для } \bar{\Delta} = 0,2) \end{aligned}\right\} \qquad (12)$$

Полагая в рассмотренном ранее примере статистической обработки экспресс-опробования, что для совокупности К по 66 определениям величина $S_к$ получена близкой к σ, при $\bar{\Delta} = 0{,}4$ по зависимости (12) найдем:

$$n = 45\,\frac{\sigma^2}{\bar{K}^2} = 45\,\frac{0{,}286^2}{0{,}18^2} \approx 62,$$

что хорошо согласуется со значениями параметров $n = 66$ и $\bar{\Delta} = 0{,}44$ по фактическим данным.

Анализ рассмотренных примеров показывает, что экспресс-опробование скважин, вскрывающих уровень грунтовых вод, может быть использовано для приближенной оценки водопроницаемости покровных глинистых пород при условии целенаправленной и достаточно массовой постановки опытов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Техника проведения и методика обработки данных опытно-фильтрационных работ. М., ВСЕГИНГЕО, 1968.

2. Дренаж сельскохозяйственных земель. Перевод с английского. Под ред. С.Ф.Аверьянова. М., "Колос", 1964.

3. Н.В.Коломенский. Общая методика инженерно-геологических исследований. М., "Недра", 1968.

4. В.М.Шестаков. Методические указания по расчетам систематического дренажа в слоистых системах. М., ВСЕГИНГЕО, 1966.

5. З.Б.Киндерис, А.П.Алелюнас. Об определении коэффициента фильтрации в полевых условиях. Сб. "Гидрогеологические условия ЛитССР". Вильнюс, 1970.

6. В.А.Шабанов. Минимальный объем измерений при изучении торфяных массивов. "Вестник сельскохозяйственной науки", № 3, "Колос", 1969.

7. Н.В.Смирнов, Н.В.Дунин-Барковский. Курс теории вероятностей и математической статистики. М., "Наука", 1969.

8. Don Kirkham. Measurment of the hydraulic conductivity of soil."Simposium on permeability of soils", ASTM, Special Technical Publication, No.163,1955.

9. Spanger M.G., in j. "Soil engineering", 1951.

УДК 626-312: 66.067. 3:626.862.003.12

Ф. В. СЕРЕБРЕННИКОВ, канд. техн. наук.
руковод. лабор.
(Средазгипроводхлопок)

ПРИБЛИЖЕННАЯ ОЦЕНКА ОПТИМАЛЬНОЙ ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ ФИЛЬТРА ЗАКРЫТЫХ ДРЕН

Массовое строительство закрытого дренажа в орошаемых районах Средней Азии заставляет более строго подойти к вопросу обоснования водопроницаемости фильтра закрытых дрен.

Согласно действующим Техническим указаниям [1], коэффициент фильтрации материала фильтра K_2 должен быть не менее 5 м/сутки. В этой рекомендации совершенно не учитывается проницаемость дренируемого грунта. Правильней было бы величину K_2 фильтра назначать исходя из соотношения коэффициентов фильтрации грунта и фильтра.

При поступлении грунтовых вод в дрену, в конструкцию которой входит фильтр, общий действующий напор затрачивается на двух участках: 1) от середины междренья до контура фильтра, 2) в пределах фильтра (дренажные трубы принимаются совершенными по характеру вскрытия фильтра). Потери напора на втором участке обычно называют дополнительными. В общем случае они приводят к уменьшению притока воды в дрену.

Условимся под оптимальной понимать такую величину водопроницаемости фильтра, при которой дополнительные потери сведены до минимума и, следовательно, приток в дрену практически равен максимально возможному в данных условиях.

Влияние фильтра на работу дрены может быть учтено с помощью формулы

$$Q = \frac{K_1 H}{\Phi_0 + \frac{K_1}{K_2}\Phi_1}, \qquad (1)$$

где K_1 – коэффициент фильтрации грунта, м/сутки;
H – общий действующий напор, м ;
Φ_0 – фильтрационное сопротивление области фильтрации;
K_2 – коэффициент фильтрации фильтра, м/сутки;
Φ_1 – фильтрационное сопротивление фильтра.

Величину дополнительных потерь находим по формуле

$$\Delta h = \frac{Q\Phi_1}{K_2}. \qquad (2)$$

Если водопроницаемость фильтра и грунта одинакова, то дополнительные потери достигнут максимальной величины, а приток в дрену снизится до минимума. Поэтому

$$\Delta h_{max} = \frac{Q_{min}\Phi_1}{K_2} \qquad (3)$$

$$Q_{min} = \frac{K_1 H}{\Phi_0 + \Phi_1}. \qquad (4)$$

На основании формул (1) – (4) составим выражение для определения относительной величины дополнительных потерь напора в фильтре:

$$\frac{\Delta h}{\Delta h_{max}} = \frac{\Phi_0 + \Phi_1}{\frac{K_я}{K_1}\Phi_0 + \Phi_1}. \qquad (5)$$

Для определения оптимальной водопроницаемости фильтра воспользуемся последней формулой.

За расчетную примем схему притока к дрене, входящей в систему, при бесконечно удаленном водоупоре. Рассмотрим два случая.

1. Кривые депрессии примыкают к фильтру на уровне горизонтальной оси дрены. Тогда в соответствии с формулой А.Н.Костякова

$$\Phi_0 = \frac{1}{\pi}\left(\ell n \frac{B}{2R} - 1\right), \qquad (6)$$

где B – расстояние между дренами;

R – наружный радиус фильтра.

Величину Φ_1 определим из выражения

$$\Phi_1 = \frac{1}{\pi}\ell n \frac{R}{r}, \qquad (7)$$

где r – внутренний радиус фильтра.

2. Кривые депрессии смыкаются в верхней точке дрены фильтра. Тогда

$$\Phi_0 = \frac{1}{\pi}\left(\ell n \frac{B}{4R} - 1\right) \qquad (8)$$

$$\Phi_1 = \frac{1}{2\pi}\ell n \frac{R}{r}. \qquad (9)$$

По формулам (5) – (9) для трех значений B=100, 200 и 325 м был выполнен расчет при следующих исход-

ных данных:

r =0,05 м, R =0,15 м и R =0,25 м;

r = 0,10 м, R =0,2 м и R =0,25 м; r =0,15 м, R = 0,25 м.

Аналогичный расчет был выполнен для пористых труб (r =0,075 м, R =0,1 м), стенки которых служат фильтром. Результаты расчета представлены на рис.1 и 2. Для большей наглядности по оси ординат отложены значения $1 - \frac{\Delta h}{\Delta h_{max}}$. Согласно рис.1 относительные потери напора быстро уменьшаются до тех пор, пока отношение $\frac{K_2}{K_1}$ не превышает десяти. Дальнейший рост величины $\frac{K_2}{K_1}$ практически не приводит к заметному сокращению дополнительных потерь.

Поэтому рекомендуется оценку водопроницаемости фильтра производить по условию $\frac{K_2}{K_1} \geqslant 10$.

Так, водопроницаемость почвогрунтов новой зоны орошения Голодной степи составляет 0,2-0,3 м/сутки. Следовательно, нижний предел для величины коэффициента фильтрации материала может быть снижен с 5 до 2-3 м/сутки.

Для полной ясности необходимо остановиться на вопросе: как поступать в тех случаях, когда $\frac{K_2}{K_1} < 10$.

Как отмечалось выше, при снижении водопроницаемости фильтра растут потери напора в самом фильтре, из-за чего фактическая водоприемная способность дрены данного диаметра ниже расчетной. Поэтому при определении густоты заложения дренажа предлагается пользоваться не фактическим диаметром дрены (D), взятым по внешнему контуру фильтра, а расчетным (D_p), вычисляемым по формуле

$$D_p = \beta D , \qquad (10)$$

где β – коэффициент относительного уменьшения диаметра дрены.

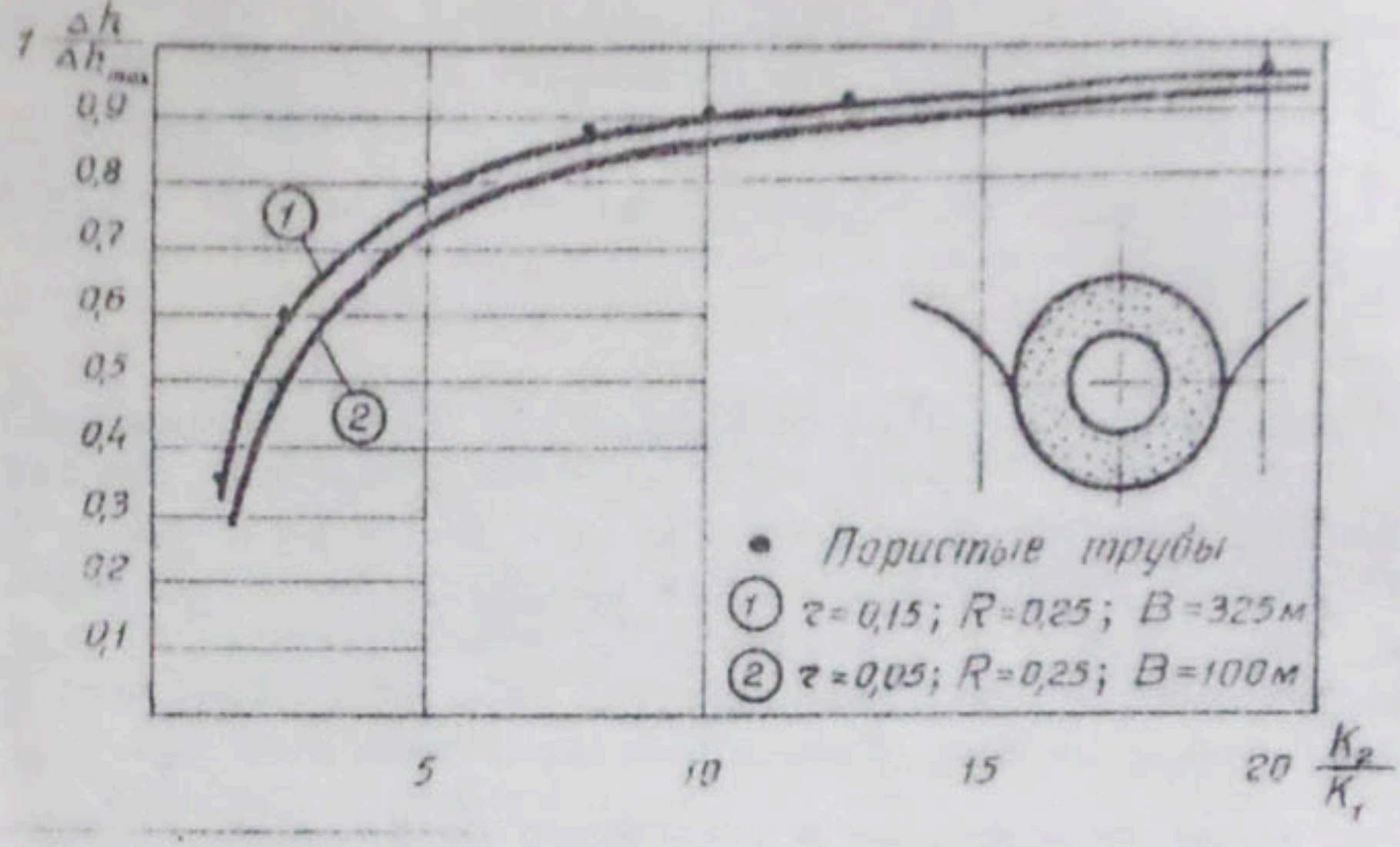


Рис.1. График, характеризующий изменение дополнительных потерь напора в зависимости от отношения $\frac{K_2}{K_1}$.

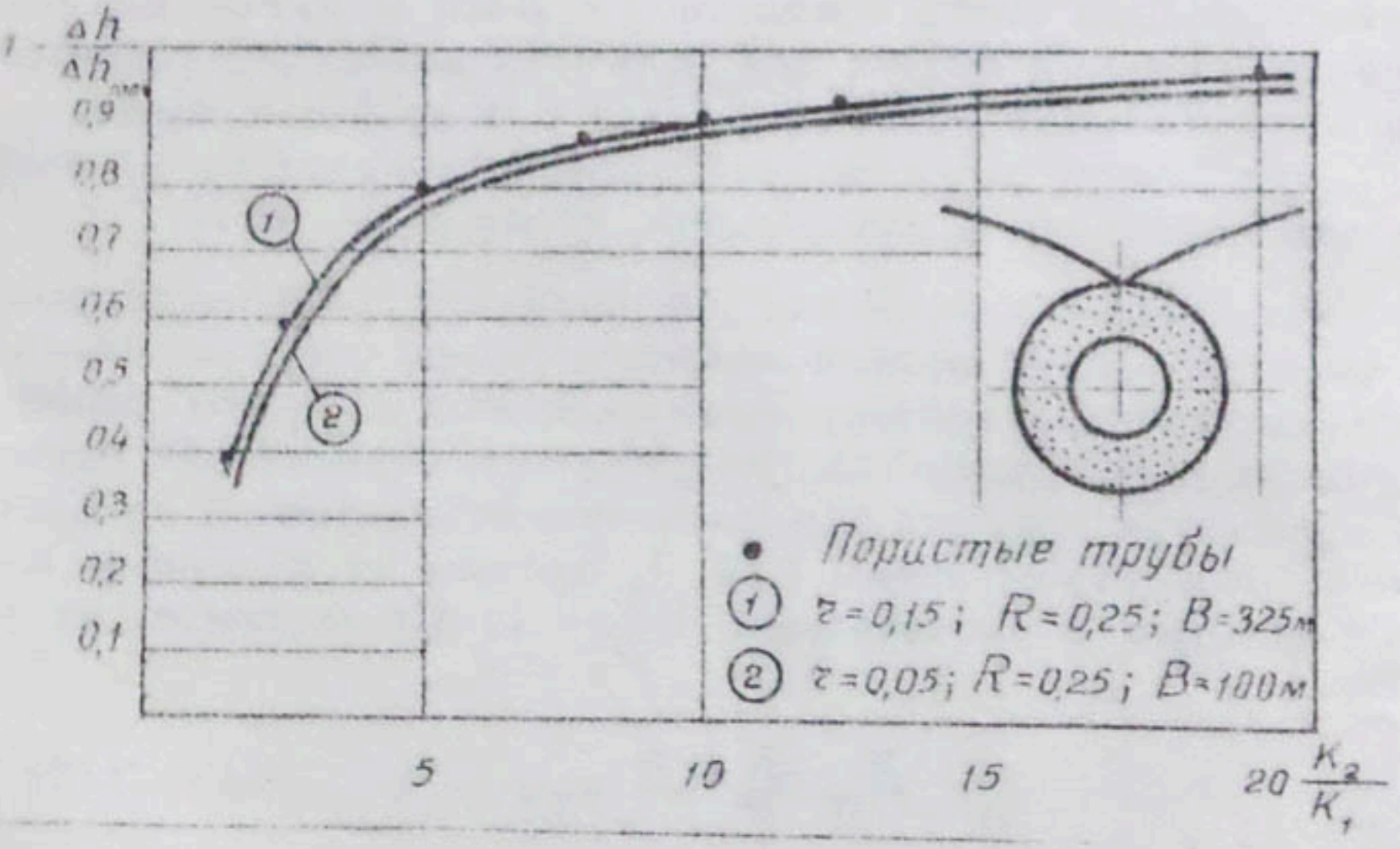


Рис.2. График, характеризующий изменение дополнительных потерь напора в зависимости от отношения $\frac{K_2}{K_1}$.

Коэффициент β определяется по зависимости, получаемой на основании формул (1), (6) – (9)

$$\beta = \left(\frac{r}{R}\right)^{\frac{K_1}{K_2}}. \qquad (11)$$

Для облегчения вычисления коэффициента β составлен график (рис.3), подтверждающий заключение о том, что для отношения $\frac{K_2}{K_1} \geq 10$ можно принять $\beta = 1$, так как влияние коэффициента β в этом случае на результаты вычислений незначительно.

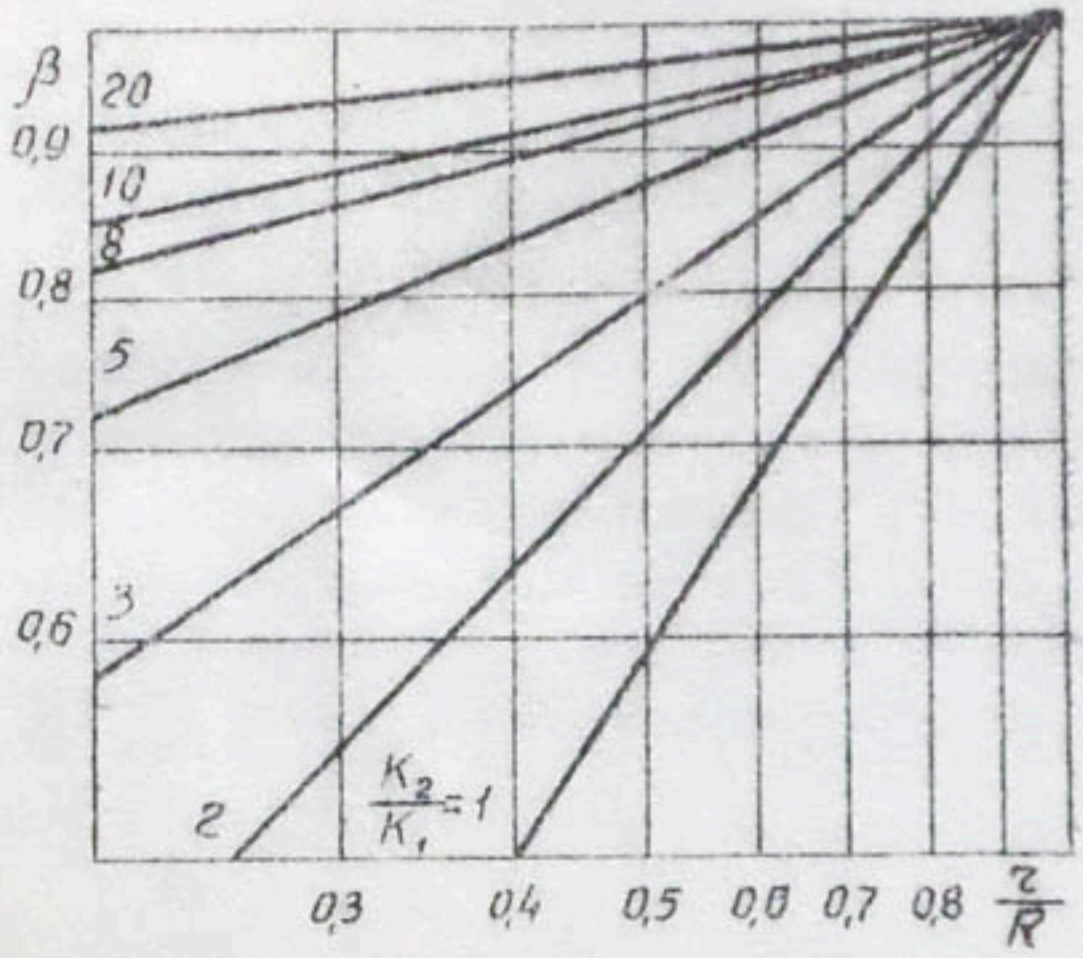


Рис.3. График для определения коэффициента β.

Таким образом, в качестве фильтра закрытого дренажа можно использовать песчано-гравийные смеси, для которых не выполняется условие $\frac{K_2}{K_1} \geq 10$. При этом в расчет густоты заложения дренажа вводится поправочный коэффициент β. При наличии нескольких карьеров выбор следует проводить на основе технико-экономического сравнения вариантов, учитывая необходимость увеличения густоты заложения дренажа в случае применения песчано-

гравийных смесей относительно невысокой водопроницаемости.

Последнее обстоятельство расширяет возможность использования в строительстве дренажа природных смесей тех месторождений, раздельная разработка которых затруднена из-за присутствия в разрезе незначительных по мощности суглинистых и супесчаных прослоев. Разумеется, что и в этом случае должны выполняться требования, предъявляемые к составу фильтрующей обсыпки закрытого дренажа [2].

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Технические указания по проектированию горизонтального дренажа засоленных земель. М., Гипроводхоз, 1982.

2. Временные технические условия подбора материала для фильтра закрытого горизонтального дренажа. Ташкент, Средазгипроводхлопок, 1971.

3. В.Н.Щелкачев. Влияние проницаемости призабойной области и диаметра скважины на дебит. "Нефтяное хозяйство", 1945, № 10.

УДК 626.862

Л.Н.ПОБЕРЕЖСКИЙ, канд.геогр.наук,
руковод.лабор.
(Средазгипроводхлопок)

ОЦЕНКА ДРЕНАЖНОГО ЭФФЕКТА ПЕРЕЛОГА В ЦЕНТРАЛЬНОМ МАССИВЕ ГОЛОДНОЙ СТЕПИ

Проекты освоения новых земель предусматривают беспереложную систему землепользования. Однако значительные по площади участки неизбежно отводятся под строительство центральных усадеб совхозов, производственно-хозяйственных центров в отделениях, ремонтных мастерских и т.д.

Водный режим зоны аэрации таких площадей, имеющих островное положение и играющих роль перелога, характеризуется рядом специфических особенностей, которые не позволяют отнести его ни к одному из типов, выделенных А.А.Роде [1]. В то же время очевидны различия в водном режиме почвогрунта перелога и орошаемого поля.

При общей характеристике увлажнения орошаемых территорий обычно в качестве приходной статьи баланса указывают на количество поступающих ирригационных вод. Однако при детальном изучении водного режима зоны аэрации такой подход приемлем далеко не всегда, так как в различных климатических, почвенно-гидрологических и гидрогеологических условиях эффект от одной и той же оросительной нормы будет различен.

Оценка указанного эффекта может быть произведена на основе сведений о типе водного режима или о критерии увлажнения, ему пропорционального.

Авторы многих работ [2-6 и др.] предлагают свои методы определения "климатического показателя увлажнения", "индекса влажности", "омбро-эвапометрического коррелятива" для условий естественного увлажнения. Таких исследований, проведенных на орошаемых землях, чрезвычайно мало.

При бороздковом орошении, когда в почву поступает большое количество воды за короткое время, просачивание ее в глубокие горизонты существенно изменяет водный режим зоны аэрации независимо от ее мощности.

Почвогрунты Голодной степи до орошения характеризовались непромывным типом водного режима [7], важнейшей отличительной чертой которого является наличие так называемого "мертвого горизонта" с постоянными влагозапасами - на уровне влажности завядания. Мощность "мертвого горизонта" зависит от соотношения прихода и расхода влаги, глубины уровня грунтовой воды и водно-физических свойств почвы. Само существование "мертвого горизонта" на почвах с непромывным (импермацидным) типом водного режима свидетельствует об отсутствии гидравлической связи между почвенными и грунтовыми водами. Следовательно, влагооборот происходит в ограниченном по мощности слое зоны аэрации.

С началом орошения из-за высоких поливных норм, растянутых сроков полива, а также слабого контроля за тем и другим происходит переувлажнение отдельных участков почвы. Образовавшийся излишек воды сверх наименьшей влагоемкости представляет собой свободную гравитационную влагу, которая в условиях равнины может находиться только в категории просачивающейся. Эта влага насыщает "мертвый горизонт", сокращая его мощность; ирригационная вода последующих поливов уже свободно проникает до границы смачивания и, полностью поглощая "мертвый горизонт", смыкается с грунтовыми водами.

Момент возникновения гидравлической связи между ирригационной и грунтовой водой представляет собой нача-

ло изменения импермацидного типа водного режима на промывной. В условиях продолжающегося орошения этот процесс необратим.

Для конкретизации сказанного рассмотрим характерные профили влажности орошаемой почвы и расположенного в непосредственной близости перелога в Центральном массиве Голодной степи (рис.1). Эти данные получены нами в период водобалансовых исследований 1967-1969 гг.

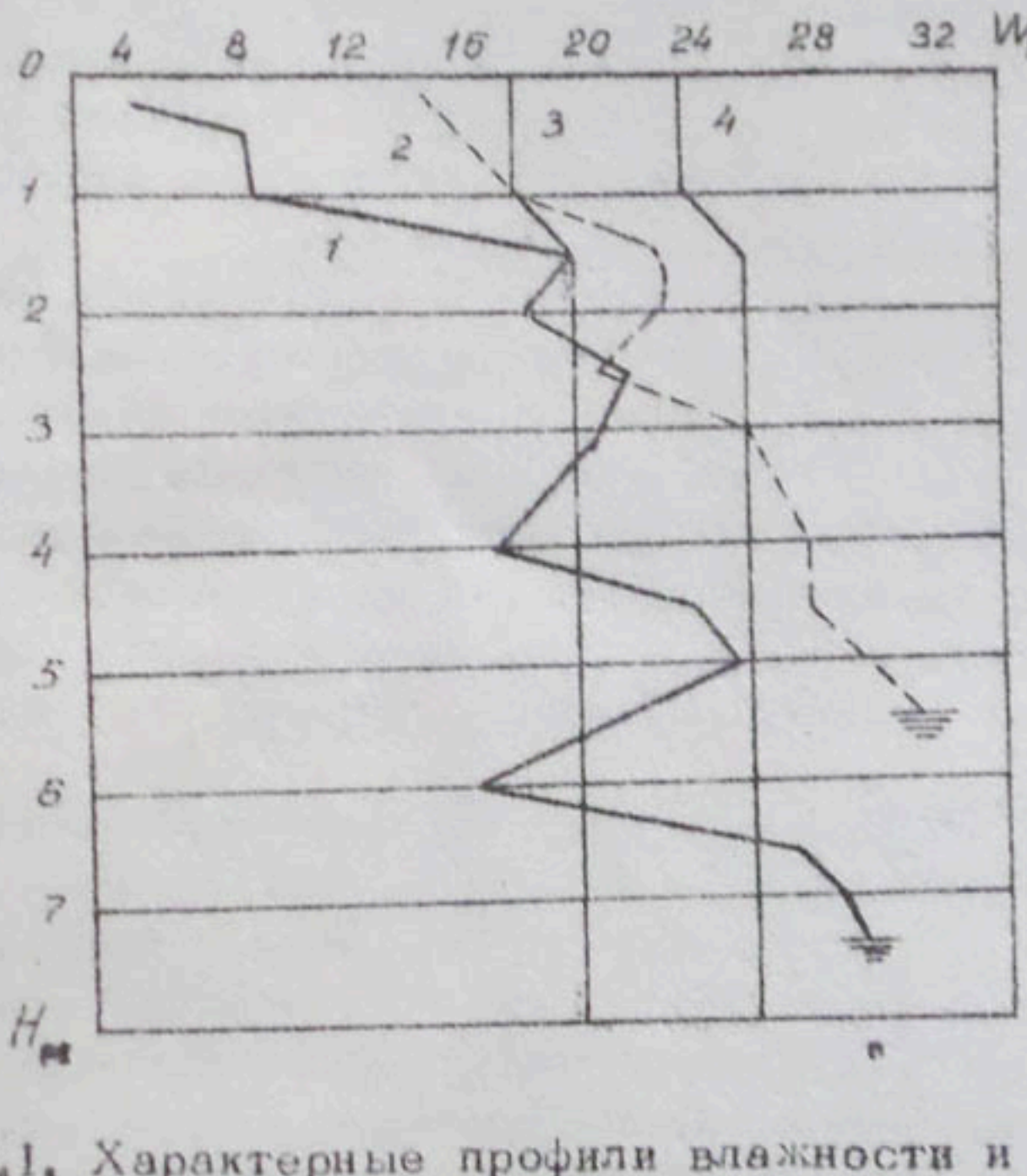


Рис.1. Характерные профили влажности и некоторые водные свойства светлого серозема Голодной степи:

1- перелог; 2- орошаемое поле; 3- влажность разрыва капиллярной связи; 4- наименьшая влагоемкость.

Профиль влажности, соответствующий орошаемой почве (рис.1), четко подразделяется на три части: нижняя (в слое 300-550 см) - капиллярная кайма, средняя (в слое 100-300 см) - подвешенная влага в интервале от

наименьшей влагоемкости до влажности разрыва капиллярной связи и верхняя, динамичная (в слое 0-100 см). Такой профиль характерен для промывных режимов.

Рассмотрим профиль влажности почвы перелога (см. рис.1). Несмотря на то, что исследуемый перелог никогда не орошался, его профилю присущи многие черты промывных режимов. Здесь имеют место те же три части примерно с теми же интервалами влажности, но колебания последней весьма велики по всей зоне аэрации.

Промывной тип исключается из-за отсутствия орошения, а признаки импермацидности сглажены благодаря влиянию рядом расположенных орошаемых массивов, которое заключается в перетоке части почвенной и грунтовой воды с орошаемого поля к перелогу под действием градиентов влажности и грунтовых вод.

В результате на перелоге формируется новый тип водного режима, который в первом приближении может быть назван промывным с градиентным подтоком. Это название нам кажется удачным, так как оно подчеркивает, что промывной режим установился не в результате инфильтрации атмосферных или ирригационных вод, а благодаря подтоку влаги с окружающих перелог орошаемых массивов и вызван он главным образом градиентом влажности.

Большой интерес представляет количественная оценка дренажного эффекта перелога. С этой целью на орошаемом поле была заложена 21 скважина для статистически достоверных определений средних величин влажности и уровня грунтовых вод на опытной площади (16 га). Две аналогичные скважины оборудованы на перелоге. Измерения влажности нейтронным методом и уровня грунтовой воды во всех скважинах производились строго синхронно. Метеорологические площадки на орошаемом поле под хлопчатником и на перелоге давали всю необходимую информацию для определения суммарного испарения методом теплового баланса.

При наличии этих данных суммарный переток воды к перелогу с окружающих орошаемых массивов может

быть определен из уравнения водного баланса

$$y_c = \pm \Delta W + x \pm \mu \Delta H - E,$$

где y_c – суммарный (почвенный и грунтовой) переток влаги;

x – атмосферные осадки;

μ – параметр водоотдачи (водовместимости) грунта, определяемый по динамике влажности нижних горизонтов зоны аэрации;

E – суммарное испарение;

ΔH – разность уровня грунтовой воды;

ΔW – разность влагозапасов зоны аэрации.

Полагая величину $\mu \Delta H$ равной грунтовому перетоку, определим количество воды, поступающее к перелогу почвенным путем – $y_п$:

$$y_п = y_c - \mu \Delta H.$$

Таким образом были подсчитаны величины почвенного, грунтового и суммарного перетока влаги за три сезона наблюдений.

Переток влаги за апрель--сентябрь

Год	Переток воды				
	суммарный, мм	почвенный		грунтовой	
		мм	%	мм	%
1966	(355)	(287)	(81)	(68)	(19)
1967	454	378	83	76	17
1968	383	314	82	69	18
1969	160	114	71	46	29
Итого	1352	1093	81 (средн.)	259	18 (средн.)

Приведенные данные свидетельствуют, что, во-первых, величина перетока влаги к перелогу довольно существенна. Во-вторых, почвенная составляющая перетока достигает 70-80% суммарной. И, наконец, в-третьих, дренажный эффект со временем уменьшается.

Необходимо отметить, что описанный метод определения суммарного перетока не безупречен, поскольку в получаемый результат неизбежно включается и возможная невязка водного баланса. Составление замкнутых водно-балансовых уравнений на орошаемом участке показало, что величина невязки за период вегетации не превышает 10%. Это обстоятельство позволяет принять в первом приближении среднюю погрешность оценки дренажного эффекта равной 10%.

Сказанное относится лишь к суммарной величине перетока. Его грунтовая составляющая, можно предполагать, занижена в результате допущения, согласно которому грунтовая вода полностью накапливается под перелогом без расхода в зону аэрации.

Очевидно, что абсолютная величина дренажного эффекта прямо пропорциональна градиентам почвенной влажности и уровня грунтовых вод. Поскольку бо́льшая часть влаги, поступающая к перелогу почвенным путем, расходуется на испарение, сравнить дренажный эффект с градиентом влажности не представляется возможным. Действительно, испарение с перелога, полностью лишенного растительности, в среднем за вегетационный период составляло 60-75% суммарного расхода влаги орошаемым хлопковым полем, а градиенты влажности колебались в пределах 40-60 мм/м за весь период наблюдений.

В этих условиях наиболее целесообразно сравнивать абсолютные значения дренажного эффекта с положением уровня грунтовых вод и с его градиентом.

На рис. 2 изображен ход уровня на орошаемом поле и перелоге начиная с 1966 г., первого года орошения исследуемой площади.

Из данных рис.2 вытекает предположение об исчерпании потенциальных возможностей перелога за 4 года орошения. Согласно таблице (см. стр. 153) суммарный

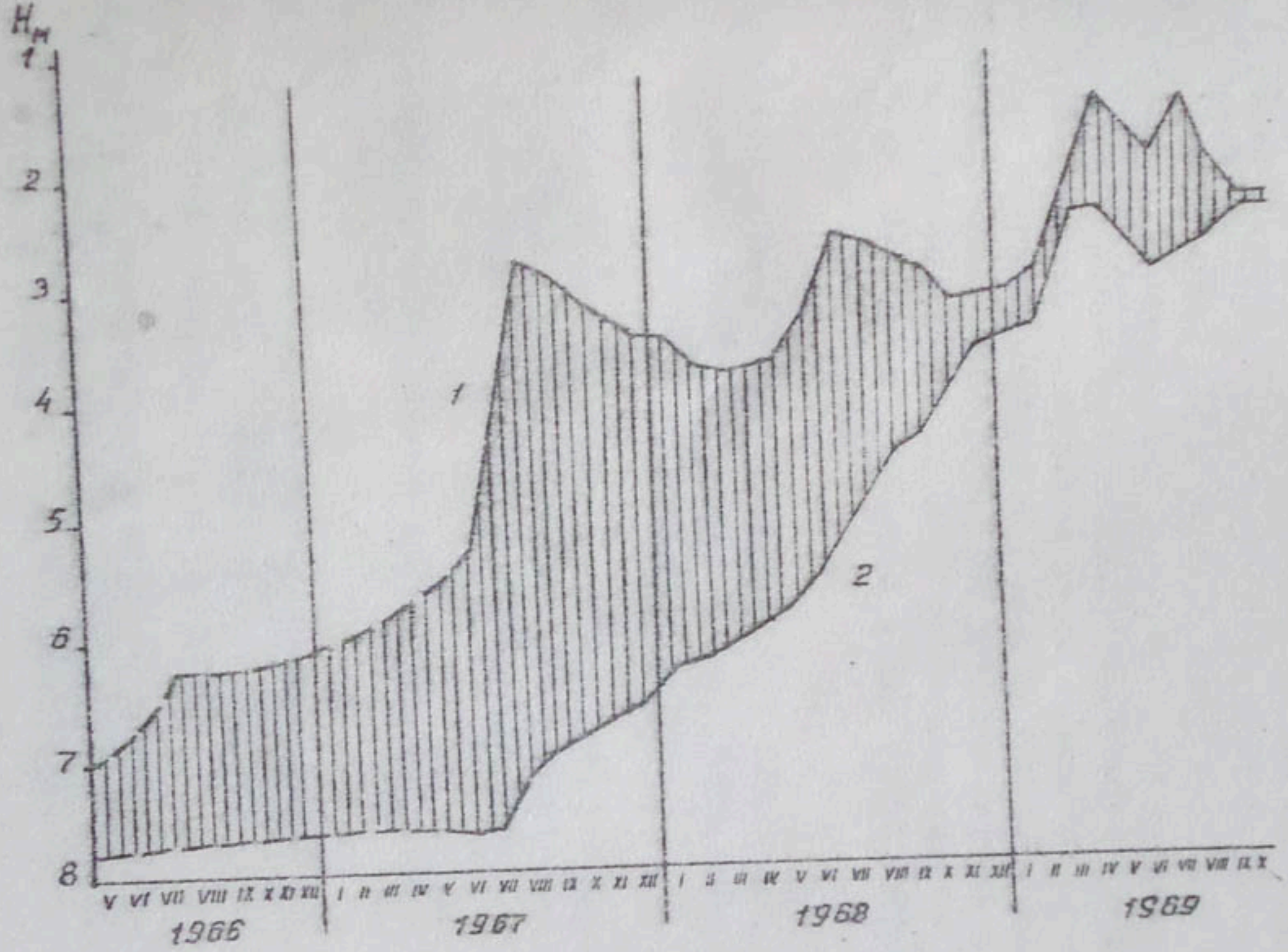


Рис.2. Уровень грунтовой воды на орошаемом поле (1) и перелоге (2).

дренажный эффект перелога составляет 1350 мм (13500 м^3/га), или около 30% интегральной водоподачи на орошаемый массив.

Определив по рис.2 градиенты уровня грунтовой воды на конец вегетационного периода и пользуясь данными таблицы, приведенной на стр. 153 , строим зависимость суммарного и грунтового перетока к перелогу от разности уровней грунтовой воды (рис.3). Полученная зависимость является приближенной, поскольку основана на небольшом фактическом материале. Однако с ее помощью может быть оценена по данным об уровнях грунтовой воды не только суммарная величина перетока, но и его составляющие. По рис.3 были восстановлены данные, соответствующие 1988 г. и помещенные в таблице (см. стр. 153).

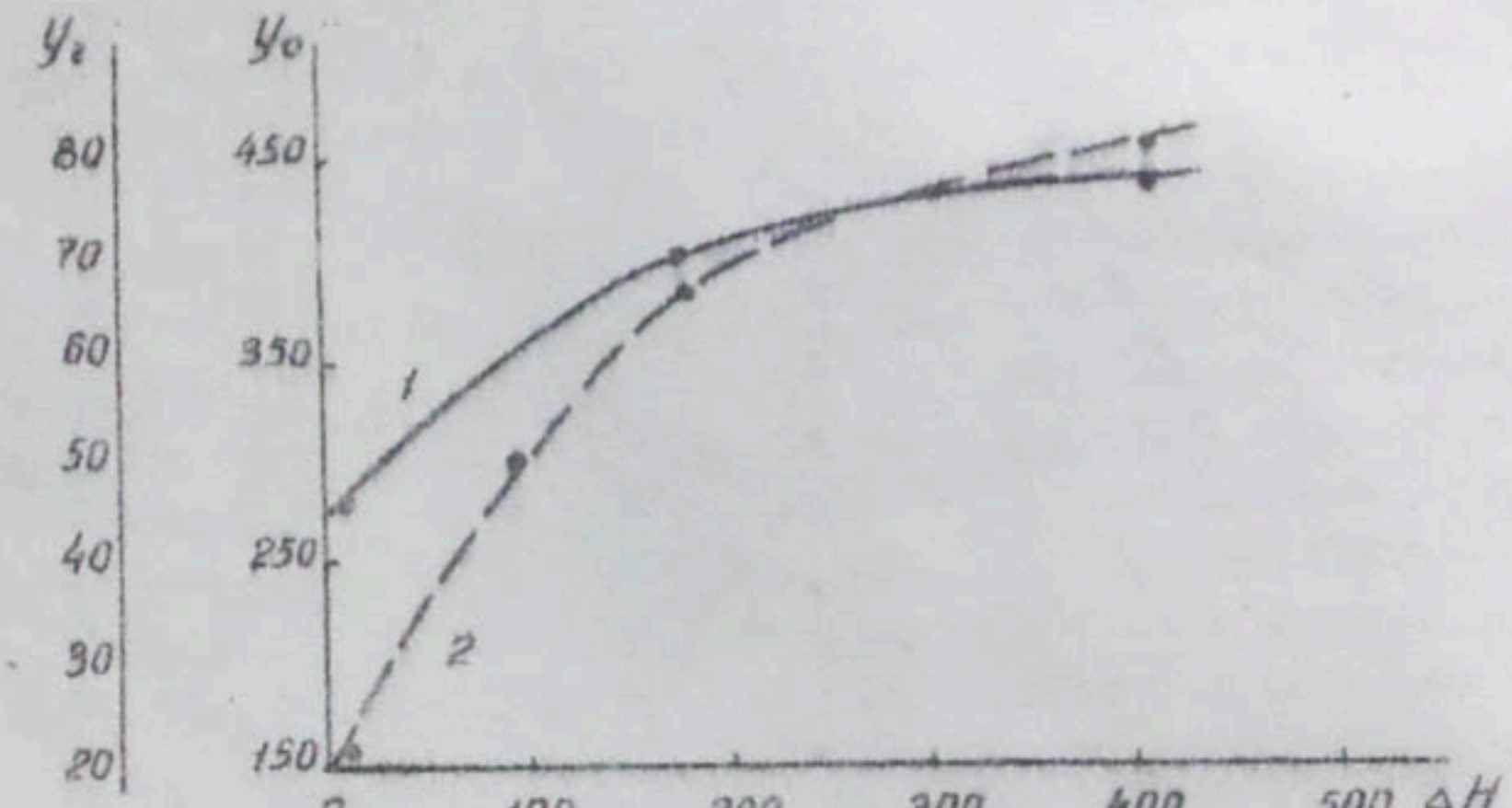


Рис.3. Приближенная зависимость грунтового (1) и суммарного (2) перетока от разности уровней грунтовой воды.

Из рис.3 следует, что при $\Delta H=0$ $y_г \to 0$, но $y_с = y_п =$ = 150 мм, то есть исчерпываются потенциальные возможности для грунтового перетока, после чего следует ожидать

ежесезонного расхода почвенным путем в зону аэрации перелога, равного 150 мм.

Разумеется, эта величина может колебаться из года в год в зависимости от метеорологических факторов. Однако едва ли ее изменение будет значительным: коэффициент вариации температуры, абсолютной и относительной влажности воздуха, дефицита его насыщения, а также скорости ветра в аридной зоне равен всего 0,07-0,10 [8].

Сделанные выводы справедливы для неорошаемых перелогов.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. А.А.Роде. Водный режим почв и его типы. "Почвоведение", 1966, № 4.

2. Л.Н.Бабушкин. Режим естественного увлажнения Кашка-Дарьинской области. В кн. "Кашка-Дарьинская область". Т.1. Ташкент, изд. САГУ, 1959.

3. М.И.Будыко. Климатические условия увлажнения. В кн. "А.И.Воейков и современные проблемы климатологии". Л., Гидрометеоиздат, 1956.

4. Г.Н.Высоцкий. Избранные сочинения. Т.1. М., Изд. АН СССР, 1962.

5. Л.Н.Побережский. Критерий увлажнения и типы водного режима почв Узбекистана. "Известия АН УзССР. Серия техн. наук", № 3, 1966.

6. А.Л.Шацкий. О гидротермическом коэффициенте. "Труды по сельскохозяйственной метеорологии", вып. 31, 1930.

7. Л.Н. Побережский, М.И.Геткер. Почвенно-гидрологическая характеристика развития хлопчатника на землях совхоза № 7 в 1966 г.. Научные труды ТашГУ," вып. 330, 1967.

8. Л.Н.Побережский. Зависимость суммарного испарения с богарных сероземов от показателя увлажнения. „Доклады АН УзССР," № 1, 1968.

УДК 624.131.23

Г.М.БУДАРИН, гл.спец.
(Средазгипроводхлопок)

О СКОРОСТНЫХ МЕТОДАХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛЕССОВЫХ ПОРОД

Быстрое и успешное освоение новых земель в Узбекистане как на равнинах, так и на горных склонах требует разработки и внедрения в производство новых скоростных методов определения физико-механических свойств лессовых пород и их геолого-гидрогеологических характеристик.

Широко применяемый комплект пенетрационного каротажа [1] эффективен при изучении влажности, объемного веса и прочностных свойств лессовых пород, однако из-за громоздкости он не может быть использован на горных склонах.

Станция ПСПВ-А [2] позволяет успешно решать многочисленные гидрогеологические и инженерно-геологические задачи до глубин 40-50 м, но совершенно не предусматривает количественного определения влажности и объемного веса лессовых пород в аридной зоне.

Учитывая это, нами предложен комплект аппаратуры, включающий известные геофизические приборы, а также буровой станок, позволяющие с минимальной затратой времени и рабочей силы решать следующие инженерно-геологические задачи: расчленение литологического разреза

до глубины 16–25 м, определение объемной влажности и объемного веса лессовых пород в зоне аэрации, глубины залегания уровня грунтовых вод, а также общего плотного остатка и температуры грунтовых вод у их зеркала.

Предлагаемый комплект аппаратуры включает: малогабаритный станок УПБ–25, обеспечивающий скоростное шнековое или колонковое бурение неглубоких скважин; прибор НИВ–1 для измерения объемной влажности; прибор ГГП–1 для измерения объемного веса лессовых пород; установка резистивиметрового типа с прибором ЭСК–1 для определения величины удельного электрическо – го сопротивления отложений вдоль стенок скважин и образцов пород, извлеченных на поверхность; электрозамыкатель для измерения глубины залегания уровня грунтовых вод; солемер конструкции ВСЕГИНГЕО и электротермометр.

Перечисленные приборы малогабаритны. Они размещаются в спецкузове автомашины типа УАЗ–450, а станок УПБ–25 перемещается как прицеп к ней. Все геофизические приборы, входящие в комплект, используются автономно. Их можно вручную перенести и установить в любой доступной точке на горном склоне для проведения исследований.

Полевые работы с описанным комплектом аппаратуры выполняются в такой последовательности.

На базе партии до выезда в поле проводится эталонировка приборов.

Затем на заранее вынесенной с проекта в натуру точке развертывается буровой станок УПБ–25 и выполняется бурение шнеком с выдачей шлама или колонковое бурение с выходом керна.

В ходе бурения измеряются удельное электрическое сопротивление образцов отложений, извлеченных на поверхность.

После вскрытия уровня грунтовых вод буровой снаряд вынимается из скважины и вдоль ее ствола от забоя к устью измеряется удельное электрическое сопротивление пород специальным прижимным микрозондом в комплекте с прибором ЭСК–1.

По изменениям удельного электрического сопротивления лессовых пород производится расчленение разреза на литологические разности (рис.1).

Далее от забоя к устью обсаженной скважины прибором НИВ-1 измеряется плотность тепловых нейтронов, а прбором ГГП-1 - интенсивность захватного гамма-излучения, пропорциональные соответственно влажности и объемному весу лессовых пород. Диапазон измерений объемной влажности колеблется от 2,5 до 40% при допустимой погрешности ± 2% в пределах от 5 до 40%, а точность определения объемного веса согласно паспорту прибора составляет ± 0,1 г/см^3. При тщательной эталонировке прибора ГГП-1 на конкретном участке достигнута точность ± 0,05 г/см^3. x)

По измерениям изменения плотности тепловых нейтронов в скважине строится график изменения объемной влажности лессовых пород, а по изменениям интенсивности захватного гамма-излучения - график изменения объемного веса лессовых пород с глубиной (см.рис.1).

Однозначное определение глубин залегания уровня грунтовых вод производится простейшим электрозамыкателем с приборной индикацией (омметром).

Комплексные инженерно-геологические исследования некоторых физико-механических свойств лессовых пород завершаются измерением общего плотного остатка грунтовых вод по пробам, отобранным из скважин, солемером ВСЕГИНГЕО и измерением температуры грунтовых вод электротермометром.

Продолжительность всех рассмотренных видов исследований, включая проходку скважины, на одной точке при глубине 15 м составляет около 3-4 часов, причем за это время выполняются не только полевые измерения, но и проводится полевая обработка материалов, а также их предварительная геолого-геофизическая и инженерно-геологическая интерпретация.

---

x) В 1973 г. намечен выпуск новых моделей влагомера СибАДИ с ошибкой измерений ±0,04% и гамма-гамма-плотномера - УГГП-1 Сибирским ОКБ МГ СССР с более высокой точностью измерений, чем ГГП-1.

Скважина 6

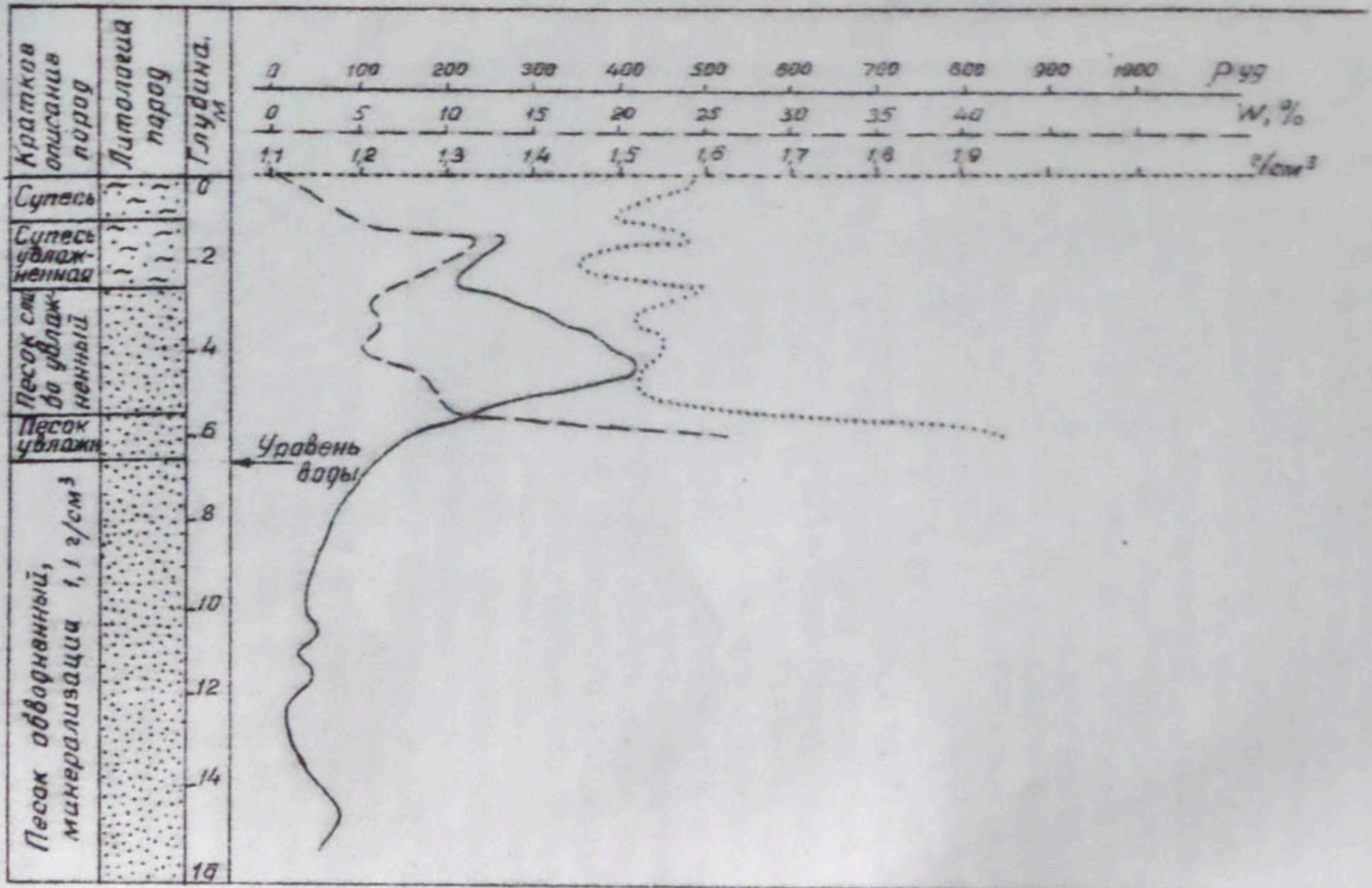


Рис.1. Графики изменения удельного электрического сопротивления, объемной влажности и плотности пород, определенные методами электрометрии, НИВ-1 и ГГП-1, по скважине 6 на участке Тузкан.

Пример комплексного изучения отмеченных физико-механических свойств лессовых пород, слагающих площадь сочленения Голодной степи и Кызылкумов к северу от гряды Писталитау, приводится по профилю 1-1 на рис.2.

Как видно, линия уровня грунтовых вод имеет тенденцию ориентировочно повторять конфигурацию поверхности земли; влажность лессовых пород постепенно нарастает от дневной поверхности вниз к зеркалу грунтовых вод, плотность пород также возрастает с глубиной - от 1,15 до 1,75 т/м^3, минерализация грунтовых вод у зеркала практически мало изменяется на протяжении всего 15-километрового профиля I-I, колеблясь в пределах от 1,0 до 1,1 г/л.

В результате проведенных исследований получены данные о литологической характеристике лессовых пород, изменении величины их влажности и объемного веса с глубиной, положении в разрезе уровня грунтовых вод, общем плотном остатке грунтовых вод и их температуре.

Область возможного применения предлагаемого комплекта аппаратуры широка: это вновь осваиваемые и староорошаемые земли, откосы и склоны ирригационных каналов, оползнеопасные участки и другие площади развития лессов, лессовидных суглинков и других песчано-глинистых пород.

Надежность получаемой информации приборами НИВ-1 и ГГП-1 контролировалась двумя способами. Повторно-контрольные измерения на одной и той же скважине разными операторами дали значения точности аппаратурных измерений в пределах 2-3%. Сравнительные измерения объемной влажности и объемного веса пород приборами НИВ-1 и ГГП-1 и термостатно-весовым способом дали погрешности измерений, отмеченные выше.

Однако накопленный нами материал недостаточно обширен и еще не позволяет сделать выводы по вопросу о точности измерений влажности и объемного веса приборами НИВ-1 и ГГП-1. Работы в этом направлении будут продолжены.

Применение описанного комплекта аппаратуры геологически и экономически эффективно. Расчет показал,

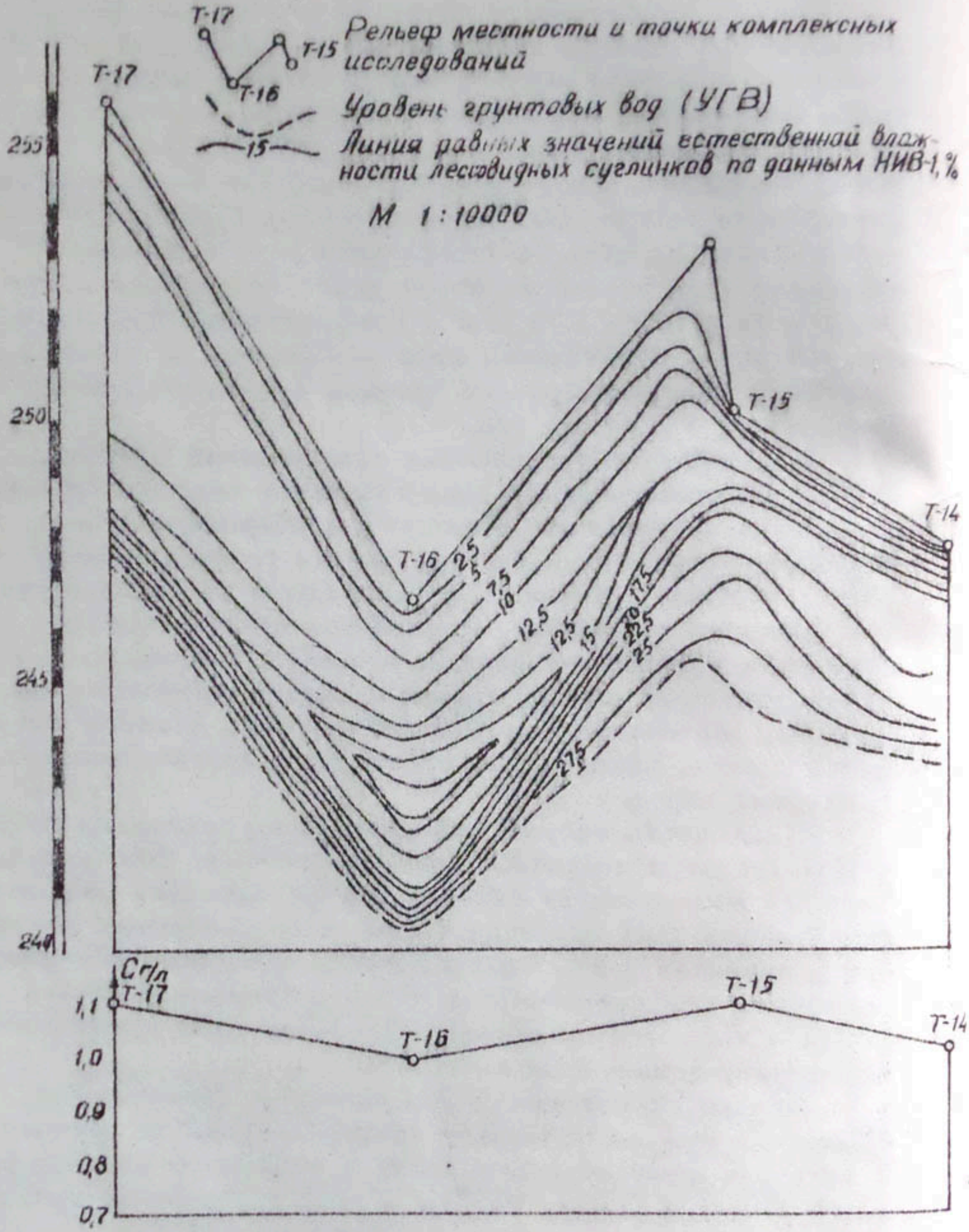


Рис.2. Вертикальный разрез изменения естественной влажности лессовидных суглинков (%), определенной нейтронным γ - методом установкой НИВ-1 (участок Тузкан-1).

что определение отмеченных инженерно-геологических свойств лессовых пород до глубины 15 м предлагаемой аппаратурой обходится дешевле, чем решение тех же задач при ручной проходке шурфов с отбором монолитов и последующим их лабораторным изучением. Кроме того, следует отметить и большую экономию во времени для получения количественных значений физико-механических свойств лессовых пород.

При необходимости определения деформационных свойств лессовых пород в предлагаемый комплект геофизической аппаратуры включается установка точечного ультразвукового каротажа.

Во всех случаях применения описанного здесь комплекта геофизической аппаратуры необходимо по каждому конкретному объекту исследований выполнить ограниченное число опорных эталонных шурфов с отбором монолитов и последующим определением физико-механических свойств лессовых пород в лаборатории.

Применение описанного комплекта геофизической аппаратуры для скоростных определений некоторых физико-механических свойств лессовых пород, на наш взгляд, заслуживает внимания инженеров-геологов и проектировщиков на разных стадиях изысканий - от технико-экономического обоснования проекта до рабочих чертежей включительно.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В.И.Ферронский, Б.П.Кровопусков. Исследование условий применения пенетрационно-каротажных методов при изучении свойств рыхлых отложений. Сб. "Скоростные методы исследования при гидрогеологических и инженерно-геологических съемках". М., "Недра", 1969.

2. В.А.Шемшурин, Д.Н.Башкатов. Методические указания по проведению ускоренной инженерно-геологической разведки (геофизическими методами и скоростным бурением). Научный редактор Н.А.Огильви. М., ВСЕГИНГЕО, 1969.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

А.Р.Мансуров. О некоторых особенностях проектирования систем авторегулирования на ирригационных объектах 3

А.Р.Мансуров, В.К.Архангельский. Из опыта внедрения и эксплуатации сегментных вододействующих затворов на Левой ветке Ташкентского канала 14

Ю.А.Ибрагимов. Монтаж сегментного затвора Тахиаташского гидроузла 26

Б.С.Плутно, В.К.Гиричев. Производственные исследования типовых автоматических вододействующих затворов с поплавком на обшивке для лотковых каналов 32

Р.М.Горбачев. Водопроницаемость бетонной облицовки оросительных каналов 48

В.С.Попов. Результаты натурных наблюдений за влиянием карьеров на деформацию русел рек в бьефах гидроузлов 64

Г.М.Бударин. Некоторые результаты геофизических работ на участке скального основания плотины Андижанского водохранилища 81

Л.В.Пилишенко. Плановая фильтрация под плотиной Андижанского водохранилища при наличии тектонических трещин в основании плотины 87

Стр.

Н.М.Игнатиков. К методике расчета инфильтрационного питания грунтовых вод по наблюдениям за колебанием их уровня 97

Б.Жуманов. Определение инфильтрационного питания скважин систематического вертикального дренажа в слоистой среде 104

А.М.Сойфер. Методика экспресс-опробования скважин, вскрывающих уровень грунтовых вод 120

Ф.В.Серебренников. Приближенная оценка оптимальной водопроницаемости фильтра закрытых дрен 132

Л.Н.Побережский. Оценка дренажного эффекта перелога в Центральном массиве Голодной степи 139

Г.М.Бударин. О скоростных методах определения некоторых физико-механических свойств лессовых пород 149

Сборник научных трудов
института "Средазгипроводхлопок"
выпуск 4

Гидравлические, фильтрационные и статические исследования гидромелиоративных систем и гидротехнических сооружений

Редакторы Ц.И. Медовар, Е.Н. Макуленко

Подписано к печати 2/I-1973 г. Бумага типографская № 1.
Формат 60x90 1/16. Печ. л. 10,0. Уч.-изд.л. 8,8+6 вкл.
Тираж 500 экз. Цена 75 коп.
Р. 08202 . Заказ 438.

Отдел оформления и изданий института "Средазгипроводхлопок"

Ташкент, 11, Навои, 44.

РЕФЕРАТЫ СТАТЕЙ, ПОМЕЩЕННЫХ В СБОРНИКЕ НАУЧНЫХ ТРУДОВ

УДК 62-53(083.9):626/627

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ АВТОРЕГУЛИРОВАНИЯ НА ИРРИГАЦИОННЫХ ОБЪЕКТАХ

МАНСУРОВ А.Р.

"Сборник научных трудов
института "Средазгипроводхлопок", вып.4, 1973.

В статье описано несколько приемов проектирования, позволяющих повысить надежность и качество автоматического и телемеханического регулирования при комплексной автоматизации ирригационных объектов.

Иллюстраций 5, библиографий 5.

УДК 627.833.004.14

ИЗ ОПЫТА ВНЕДРЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕГМЕНТНЫХ ВОДОДЕЙСТВУЮЩИХ ЗАТВОРОВ НА ЛЕВОЙ ВЕТКЕ ТАШКЕНТСКОГО КАНАЛА

МАНСУРОВ А.Р.,
АРХАНГЕЛЬСКИЙ В.К.

"Сборник научных трудов
института "Средазгипроводхлопок", вып.4, 1973.

В статье освещены результаты производственных испытаний и опытной эксплуатации двух видов сегментных вододействующих затворов-регуляторов уровня воды верхнего бьефа, разработанных институтом "Средазгипроводхлопок".

Даны рекомендации по улучшению их конструкции и повышению эксплуатационной надежности.

Таблиц 1, иллюстраций 5, библиографий 5.

УДК 627.833

МОНТАЖ СЕГМЕНТНОГО ЗАТВОРА ТАХИАТАШСКОГО ГИДРОУЗЛА

ИБРАГИМОВ Ю.А.

"Сборник научных трудов
института "Средазгипроводхлопок", вып.4, 1973

В статье освещен новый упрощенный способ монтажа шарниров сегментного затвора, не требующий предварительной разборки наружных конусов и выверки неподвижных внутренних конусов с помощью струны, натянутой через центральные отверстия, с последующей сборкой.

Иллюстраций 1.

УДК 65.012.122:627.833:626.823.2

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТИПОВЫХ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВОДОДЕЙСТВУЮЩИХ ЗАТВОРОВ С ПОПЛАВКОМ НА ОБШИВКЕ ДЛЯ ЛОТКОВЫХ КАНАЛОВ

ПЛУТНО Б.С.,
ГИРИЧЕВ В.К.

"Сборник научных трудов
института "Средазгипроводхлопок", вып.4, 1973

В статье дан краткий обзор работ, связанных с исследованием и внедрением автоматов горизонта с поплавком на обшивке для лотковых каналов, предшествующих созданию типового проекта СПА-65. Приводятся результаты производственных исследований этой конструкции, послужившие основой для типового проекта СПА-68. Приведены данные производственных исследований конструкции СПА-68, рекомендуемой к широкому применению.

Иллюстраций 7, библиографий 6.

УДК 626.823.8

ВОДОПРОНИЦАЕМОСТЬ БЕТОННОЙ ОБЛИЦОВКИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ

ГОРБАЧЕВ Р.М.

"Сборник научных трудов
института "Средазгипроводхлопок", вып.4, 1973

В статье изложен общий подход к оценке водопроницаемости бетонной облицовки, основанный на раздельном рассмотрении фильтрации через бетон, трещины в бетоне, швы и стыки с учетом самоуплотнения и заиления их в процессе эксплуатации оросительных каналов. Приведенные данные натурных исследований рекомендуются для расчета фильтрационных потерь из построенных и бывших в эксплуатации каналов в бетонной облицовке с учетом их состояния.

Таблиц 5, библиография 18.

УДК 622.271:539.37:627.152:626-38

РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ВЛИЯНИЕМ КАРЬЕРОВ НА ДЕФОРМАЦИЮ РУСЕЛ РЕК В БЬЕФАХ ГИДРОУЗЛОВ

ПОПОВ В.С.

"Сборник научных трудов
института "Средазгипроводхлопок", вып.4, 1973

В статье приводятся данные натурных наблюдений за деформацией русел рек ниже Южно-Сурханского, Тюя-бугузского, Чимкурганского, Аккарадарьинского и Кара-суйского гидроузлов при интенсивном отборе гравийно-песчаных отложений из поймы и результаты сопоставления этих данных с теоретическими расчетами, выполненными по методикам различных авторов в проектных проработках.

Таблиц 2, иллюстраций 6, библиографий 12.

УДК 550.83.

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАБОТ НА УЧАСТКЕ СКАЛЬНОГО ОСНОВАНИЯ ПЛОТИНЫ АНДИЖАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

БУДАРИН Г.М.

"Сборник научных трудов
института "Средазгипроводхлопок", вып.4, 1973

В статье приведены данные электрометрических и ультразвуковых исследований инженерно-геологических условий размещения плотины Андижанского водохранилища в Кампырраватском ущелье реки Карадарьи.

Установлены пределы изменения удельных электросопротивлений горных пород в зависимости от геомеханических свойств.

Методом ультразвукового прозвучивания определены пределы изменения динамического модуля Юнга (E_g) горных пород и глубины их ослабления в котловане плотины под воздействием естественного выветривания и строительных взрывов.

Приводятся корреляционные зависимости между значениями скорости ультразвука (V_p) и локальным коэффициентом трещинной пустотности горных пород.

Ультразвуковые методы изучения упругих свойств горных пород рекомендованы для обоснования рабочих чертежей высоконапорной плотины.

Иллюстраций 1.

УДК 627.8.034:551.442

ПЛАНОВАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ ПОД ПЛОТИНОЙ АНДИЖАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПРИ НАЛИЧИИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ТРЕЩИН В ОСНОВАНИИ ПЛОТИНЫ

ПИЛИЩЕНКО Л.В.

"Сборник научных трудов
института "Средазгипроводхлопок", вып.4, 1973

Результаты проведенного моделирования фильтрации в основании плотины Андижанского водохранилища методом ЭГДА позволили определить параметры фильтрационного потока, внести коррективы и дать рекомендации для проектирования противофильтрационных завес.

Таблиц 1, иллюстраций 8, библиография 7.

УДК 551.495:551.49.81

К МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА ИНФИЛЬТРАЦИОННОГО ПИТАНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД ПО НАБЛЮДЕНИЯМ ЗА КОЛЕБАНИЕМ ИХ УРОВНЯ

ИГНАТИКОВ Н.М.

"Сборник научных трудов
института "Средазгипроводхлопок", вып.4, 1973

В статье обосновывается и дается пример расчета ориентировочной величины инфильтрационного питания потока грунтовых вод по наблюдениям за колебаниями уровня воды в скважине и по водно-физическим свойствам грунтов зоны аэрации.

Таблиц 1, иллюстраций 1, библиография 3.

УДК 551.49.81:626.862.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНФИЛЬТРАЦИОННОГО ПИТАНИЯ СКВАЖИН СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В СЛОИСТОЙ СРЕДЕ

ЖУМАНОВ Б.

"Сборник научных трудов
института "Средазгипроводхлопок", вып.4, 1973

Проведены расчеты инфильтрационного питания скважин систематического вертикального дренажа в слоистой среде для различных периодов откачки, основанные на данных двухлетних наблюдений за работой опытно-производственной системы вертикального дренажа в совхозе № 18 Голодной степи: по дебиту скважин, работающих в водопроницаемом контуре; по балансу грунтовых вод; по данным режимных наблюдений.

Установлена зависимость величины инфильтрационного питания от глубины залегания уровня грунтовых вод и интенсивности перетекания воды из нижнего песчаного горизонта.

Таблиц 2, иллюстраций 6, библиография 3.

УДК 626.245:551.495

МЕТОДИКА ЭКСПРЕСС-ОПРОБОВАНИЯ СКВАЖИН, ВСКРЫВАЮЩИХ УРОВЕНЬ ГРУНТОВЫХ ВОД

СОЙФЕР А.М.

"Сборник научных трудов
института "Средазгипроводхлопок", вып.4, 1973.

В статье рассмотрена методика изучения водопроницаемости покровных глинистых пород по данным экспресс-откачек из скважин, вскрывающих уровень грунтовых вод. Дано приближенное аналитическое решение задачи, рекомендации по методике обработки результатов опробования, получены зависимости для расчетов оптимального количества откачек на основе известных представлений математической статистики.

Данные серии экспресс-опытов сопоставлены с результатами определения коэффициента фильтрации покровных отложений по данным наблюдений за действием горизонтальной дрены.

Иллюстраций 4, библиографий 8.

УДК 626-312:66,067.3:626,862.003.12

ПРИБЛИЖЕННАЯ ОЦЕНКА ОПТИМАЛЬНОЙ ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ ФИЛЬТРА ЗАКРЫТЫХ ДРЕН

СЕРЕБРЕННИКОВ Ф.В.

"Сборник научных трудов
института "Средазгипроводхлопок", вып.4, 1973

Расчетным путем показано, что водопроницаемость фильтра закрытых дрен должна определяться из условия $\frac{K_2}{K_1} \geqslant 10$, где K_2 – коэффициент фильтрации фильтра, K_1 – коэффициент фильтрации грунта.

Для случая $\frac{K_2}{K_1} < 10$ предлагается в расчеты густоты заложения дренажа вводить коэффициент относительного уменьшения диаметра дрены, для определения которого приводятся формула и график. Подчеркивается, что при наличии нескольких месторождений с различным отношением $\frac{K_2}{K_1}$ выбор карьера следует проводить на основе технико-экономического сравнения вариантов.

Иллюстраций 3, библиографий 3.

УДК 626.862.

ОЦЕНКА ДРЕНАЖНОГО ЭФФЕКТА ПЕРЕЛОГА В ЦЕНТРАЛЬНОМ МАССИВЕ ГОЛОДНОЙ СТЕПИ

ПОБЕРЕЖСКИЙ Л.Н.

"Сборник научных трудов
института "Средазгипроводхлопок", вып.4, 1973

Сопряженные водобалансовые исследования на орошаемом поле и внутрихозяйственном перелоге позволили оценить дренажный эффект последнего, выражающийся в сумме 150 мм слоя воды почвенного подтока за сезон со стороны орошаемого массива. Потенциальные возможности перелога в условиях эксперимента применительно к грунтовому подтоку практически исчерпываются за четыре года орошения.

Таблиц 1, иллюстраций 3, библиографий 8.

УДК 624.131.23

О СКОРОСТНЫХ МЕТОДАХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛЕССОВЫХ ПОРОД

БУДАРИН Г.М.

"Сборник научных трудов
института "Средазгипроводхлопок", вып.4, 1973

В статье рассмотрен комплекс геофизических приборов и методов, обеспечивающих скоростное определение следующих инженерно-геологических и гидрогеологических свойств горных пород до глубины 25 м: объемной влажности и объемного веса лессовидных грунтов, уровня минерализации и температуры грунтовых вод.

Применение описанного комплекта аппаратуры геологически и экономически эффективней, чем решение тех же инженерно-геологических и гидрогеологических задач традиционными методами, связанными с проходкой вручную шурфов.

Иллюстраций 2, библиография 2.

СПИСОК ОПЕЧАТОК

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
140	формула (5)	$\gamma_{ск}=\frac{\gamma\gamma_в(1-V)}{\gamma_в+\gamma W_0-\gamma_в V}$	$\gamma_{ск}=\frac{\gamma\gamma_в(1-V)}{\gamma_в(1-V)+\gamma W_0}$
143	8 снизу	$\gamma_{ск}=f(W_п)$	$V=f_1(W_п)$
144	10 сверху	...дисперсной...	...кристаллизационной...

Труды института "Средазгипроводхлопок", выпуск 3.