

ТРУДЫ

Среднеазиатского научно-исследовательского института
ирригационных сооружений

PROCEEDINGS

of the Middle Asia Scientific Research Institute of Irrigation Works
Выпуск 2

Issue 2

626

C-59

Инж. Д. Я. СОКОЛОВ

ОПЫТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГОЛОВНОГО РЕГУЛЯТОРА
ВАХШСКОГО МАГИСТРАЛЬНОГО КАНАЛА

EXPERIMENTAL TESTS OF THE HEAD REGULATOR
DESIGNED FOR THE VAHSH MAIN CHANNEL

by
D. Y. SOKOLOV

АПР. 1951 г.

Т Р У Д Ы

Среднеазиатского научно-исследовательского института
ирригационных сооружений

PROCEEDINGS

the Middle Asia Scientific Research Institute of Irrigation Works

Выпуск 2

Issue 2

Инж. Д. Я. СОКОЛОВ

8652

626

C-59

ОПЫТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГОЛОВНОГО РЕГУЛЯТОРА
ВАХШСКОГО МАГИСТРАЛЬНОГО КАНАЛА

EXPERIMENTAL TESTS OF THE HEAD REGULATOR
DESIGNED FOR THE VAHSH MAIN CHANNEL

by
D. Y. SOKOLOV

БИБЛИОТЕКА
Ср.-Аз. Научно-Иссл. Ин-та
Ирригационных Сооружений
(САНИИРСО)
Ташкент, Лесгаковского, 22.



ОБЪЕДИНЕНИЕ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ИЗДАТЕЛЬСТВ
СРЕДНЕАЗИАТСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
МОСКВА 1932 ТАШКЕНТ

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
§ 1. Основные проектные данные	3
§ 2. Программа исследований	11
§ 3. Постановка опытов	—
§ 4. Результаты исследований	15
I. Горизонты воды в русле	—
II. Пропускная способность регулятора	17
III. Достаточное число пролетов	22
IV. Характер движения донных наносов	23
§ 5. Заключение Института	26
§ 6. Окончательное решение поставленных вопросов	—
§ 7. Заключительные замечания	27

§ 1. ОСНОВНЫЕ ПРОЕКТНЫЕ ДАННЫЕ

Борьбой за хлопковую независимость СССР было выдвинуто, как первоочередная проблема, орошение земель на левом берегу р. Вахш (Таджикская республика) в количестве до 120.000 га (включая и земли старого орошения до 31.000 га) с 80 процентами хлопковых земель.

Потребный расход в голове магистрального канала определен требованиями ирригации и утилизации водной энергии; в зимний период (с 1/X по 1/IV) потребный расход в голове = 120 м.³/сек., в летний (с 1/IV по 1/X) — от 120 до 150 м.³/сек.



Рис. 1. Река Вахш в районе выхода магистрального канала
★ — головной регулятор

Отвод воды из р. Вахш был намечен в районе урочища Турпы (на левом берегу, рис. 1), где река вышла уже из ущелий и течет по слабо волнистой местности, покрытой слоем галечника. Под последним залегает мощная толща мелкозернистого слабого песчаника, вполне пригодного для устройства на нем головного сооружения.

История Вахшской долины, по обследованию гидрогеолога Воронова представляется в следующем виде. Быстрый и многоводный горный поток в результате многовековой эрозионной деятельности размыв вкрест простирающей широкую антиклинальную складку, сложенную из толщей песчаников, и, вырываясь из горных ущелий в равнину, растекался по ней широким водотоком, отлагая свои наносы.

Одновременно с этим происходил и боковой смыл дождевыми водами и водотоками мелкоземистого и грубо-обломочного материала, образовавшего современные аллювиально-пролювиальные отложения галечников. В связи с изменением климатических условий района количество воды в реке уменьшалось, и река, подчиняясь закону Бэра, отступала на запад, прижимаясь к крутому правому берегу. Там, где оканчивается южное крыло антиклинали (приблизительно против пикета 12-го), река в настоящее время довольно круто поворачивает на запад, значительно расширяя свое русло (непосредственно ниже участка реки, где делается отвод воды).

В связи с расширением русла в нем образуется много островов и отмелей. На данной стадии развития река в районе намеченного положения головного сооружения и ниже течет в собственных песчано-галечниковых отложениях.

При более детальном рассмотрении и изучении участка реки в районе намеченного отвода воды необходимо отметить еще следующие обстоятельства:

1. Река несколько выше выбранного участка делает крутой поворот влево, обуславливающий косое расположение стрежня реки (и меженного русла) в нижележащем прямом участке и прижатый стержень к левому берегу в намеченном районе головы канала.

2. В результате созданной верхним поворотом реки серпентинности потока между коренными берегами у противоположного ригулятору берега образовалась галечниковая отмель, способствующая удержанию меженного русла у левого берега.

Поддержанию глубины у левого берега способствует в значительной степени остров у правого берега, отделяемый от коренного берега протоком, действующим только в высокую воду (рис. 2 на стр. 5).

3. Непосредственно ниже участка, выбранного для отвода воды, река расширяется, и ложе реки значительно поднимается вследствие происходящего здесь постоянного выпадения наносов и образует как бы бар.

4. Ширина русла на поперечнике № 4 (у места отвода) между коренными берегами равна 400 м., в межень ширина русла уменьшается здесь до 150 м.

5. Ниже поперечника № 4 на 800 м. ширина русла между коренными берегами увеличивается до 600 м., а ширина меженного русла до 250 м.

6. Наинизшая отметка на гребне бара = 475,5 м., средняя отметка гребня бара = 476,50.

7. Продольный профиль дна реки по стрежню имеет резко выраженный характер плеса и следующего за ним переката (рис. 3 на стр. 6).

Основными данными для проектирования послужили наблюдения на Сорбантском гидрометрическом посту с 1/VIII 1928 г. по 1/V 1930 г., ограничивающиеся максимальным расходом в 760 м.³/сек. Наивысшие и наинизшие расходы р. Вахш в районе отвода воды определены, по наблюдениям Керкинской гидрометрической станции на р. Аму-Дарья, принимая расход р. Вахш примерно равным 28 процентам расхода р. Аму-Дарья.

Минимальный расход р. Вахш у места головы канала определен, таким образом, в 140 м.³/сек., максимальный — в 3.360 м.³/сек. (наблюденный максимум — 2.406 м.³/сек. по Сорбантскому посту).

Наинизшая отметка горизонта воды р. Вахш у головного регулятора (1-е положение) выше поперечника № 2 на 50 м. определена по минимальному ее расходу воды (140 м.³/сек.) — 477,13 м. над уровнем Каспийского моря.

Наибольшая амплитуда колебаний горизонта воды в этом месте определена в 6,10 м., т.-е. наивысшая отметка горизонта воды будет 483,23 м.

Кривая расхода воды в сечении у проектного положения регулятора представлена на рис. 4 (см. стр. 7).

Кривая эта построена теоретически, на основании нескольких фактических наблюдений. При построении этой кривой уклон дна русла в месте сооружения считался равным уклону дна вышележащего участка, т. е. $= 0,00266$. Фактически же уклон горизонта воды в районе сооружения значительно меньше ($0,00027$). Сделано такое допущение по следующим соображениям. Место регулятора находится несколько ниже места сопряжения двух уклонов горизонта воды. Имея в виду, что резкое изменение уклона горизонта воды вызвано подпором со стороны нижележащего бара (в начале расширения русла за поперечником № 4), сделано предположение о возможном, хотя бы частичном,

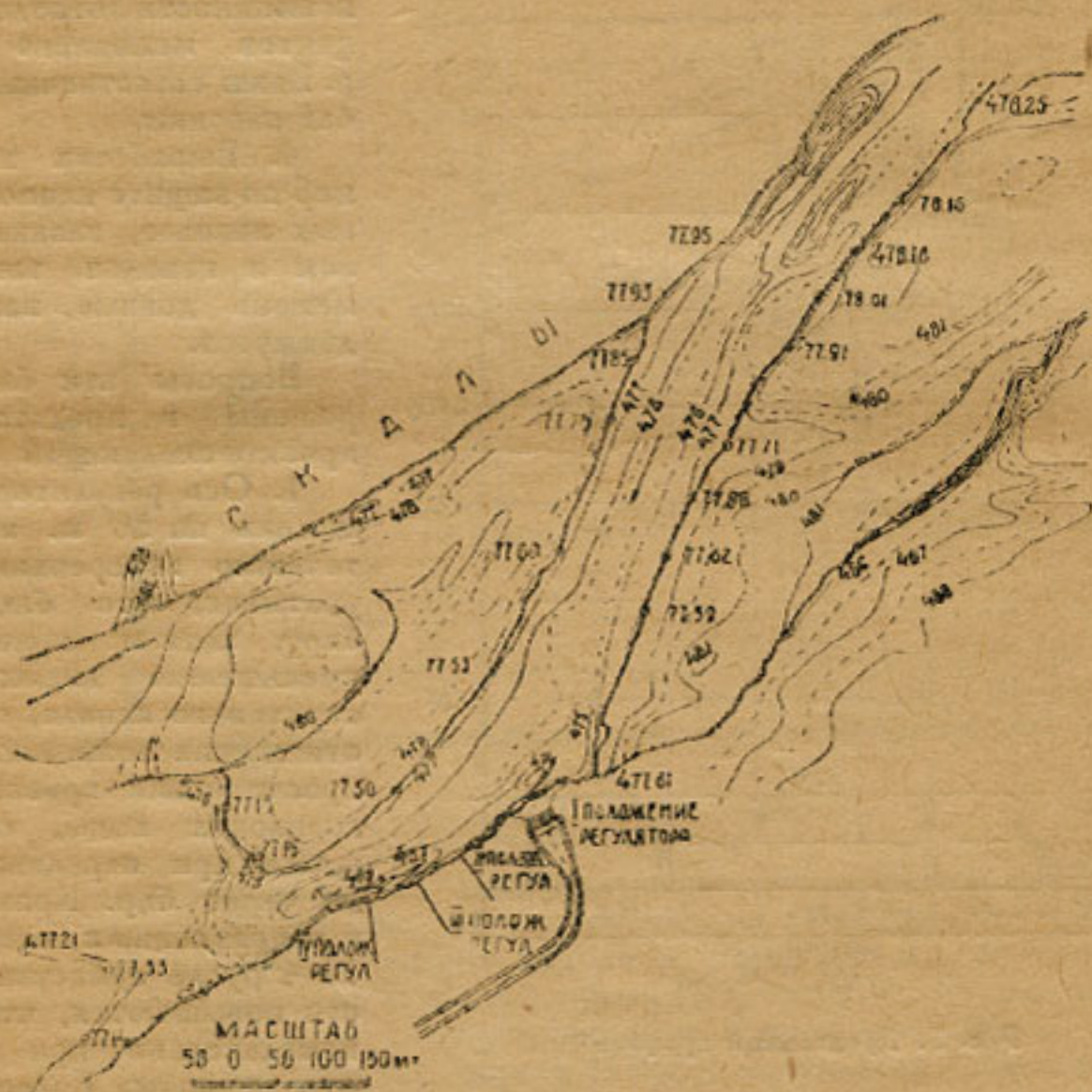


Рис. 2. Река Вахш в районе головного сооружения

сносе бара; это могло обусловить уменьшение предела распространения подпорной кривой и установление у места сооружения уклона горизонта воды, близкого к уклону дна вышележащего участка. Сделанное допущение обуславливает известный запас размеров сооружения, так как в том случае, если влияние бара сохранится, то при одном и том же расходе в реке горизонт воды в ней будет выше, чем это получается при сделанном допущении, значит, и возможный к отводу расход воды в регуляторе при заданных его размерах будет больше.

Скорость течения воды возле места сооружения колеблется в пределах от 1,0 до $\approx 4,0$ м./сек.

В русле в высокую воду движется большое количество галечниковых наносов, которыми выложено русло и из которых сложен бар, лежащий ниже поперечника № 4.

Основными вопросами, возникавшими при проектировании головного регулятора, были следующие:

1. Установление точного места расположения головного сооружения на выбранном участке русла в районе поперечников №№ 2—4.

2. Возможность отвода в межень расхода воды из р. Вахш, достигающего 55 процентов полного ее расхода.

3. Установление необходимых мероприятий для обеспечения указанной величины водозабора в случае невозможности отвода 55 процентов меженного расхода р. Вахш естественным путем, без плотины.

4. Выработка надежных мер по защите канала от речных наносов, главным образом в паводок, так как в межень донные наносы не движутся.

Вопросы эти были разрешены в представленном проекте следующим образом:

1. Ось регулятора расположена на 50 м. выше по течению поперечника № 2, учитывая, что близость к бару, хотя и приводит к уменьшению длины магистрального канала, опасна в отношении возможности распространения кривой спада горизонта воды, образующейся при переливании воды через бар. Кроме того, в направлении к поперечнику № 4 русло сужается, скорости повышаются, что также нежелательно при боковом отводе воды. Более глубо-

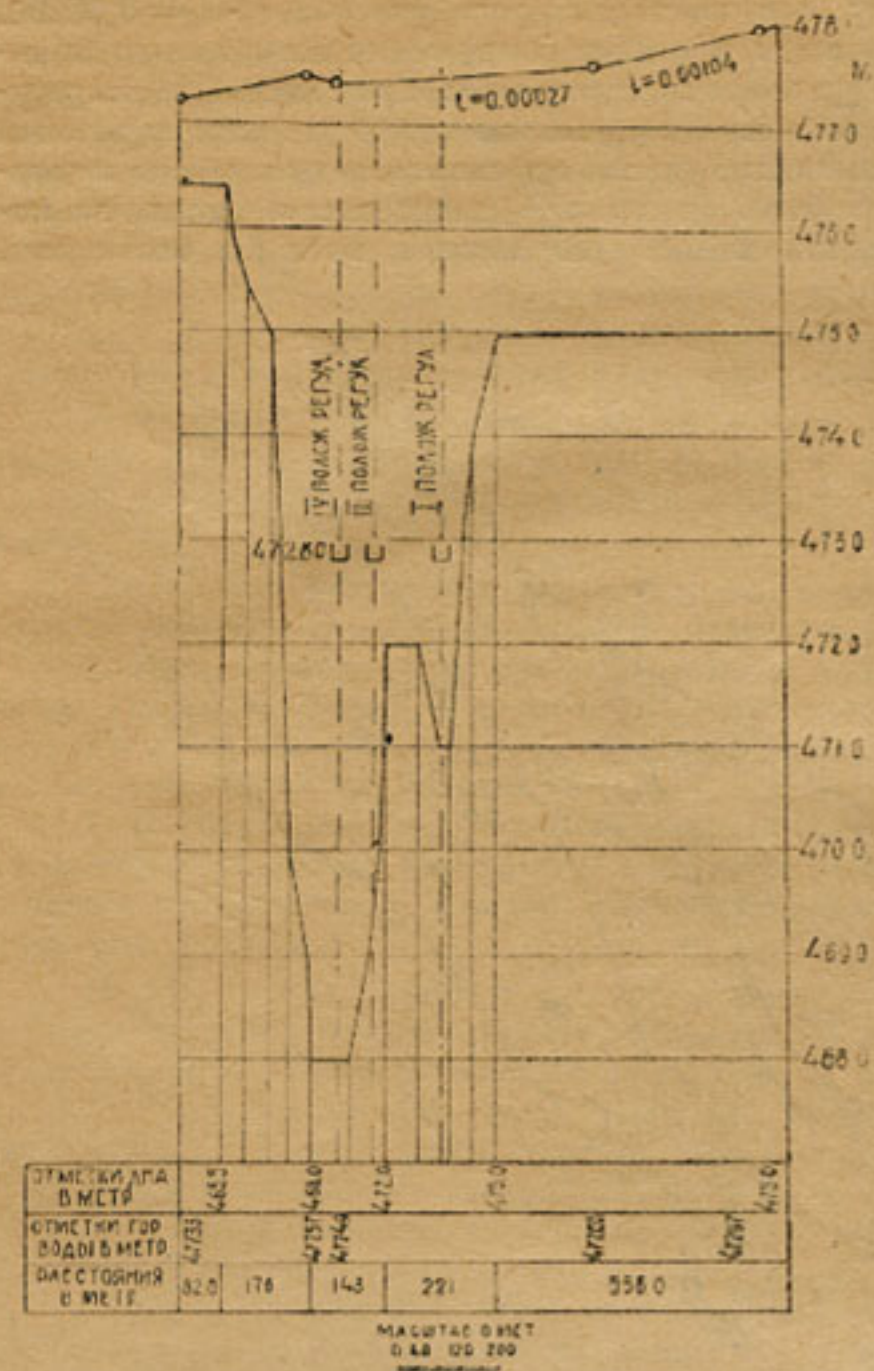


Рис. 3. Продольный профиль

кая часть русла у поперечника № 4 вызывала у проектировщика сомнение в прочности здесь песчаника, и поэтому, несмотря на всю выгоду забора воды на глубоком участке русла, решено было отказаться от положения на поперечнике № 3 или 4 и поднять сооружение по возможности выше по течению.

При выбранном положении, помимо устранения влияния указанных факторов, представляется возможность расположить сооружение навстречу потоку, доводя угол отвода канала (угол между осью регулятора и потоком) до 45° , что в значительной степени повышает пропускную способность сооружения.

Выше поперечника № 2 на 125 м. начинается пойменный левый берег, делающий невозможным дальнейшее перенесение сооружения вверх.

При рассмотрении вопроса на совместном совещании Научно-технического совета Наркомзема и Техсовета ГХК постановлено окончательное место сооружения установить опытами на модели.

2. Для обеспечения водозабора была принята отметка порога регулятора 472,80 м. при наименьшей отметке дна реки в месте устройства сооружения = 471,56 м. В виду того, что непосредственно выше регулятора имеется песчано-гравелистая отмель, вызывающая опасение при подвигании

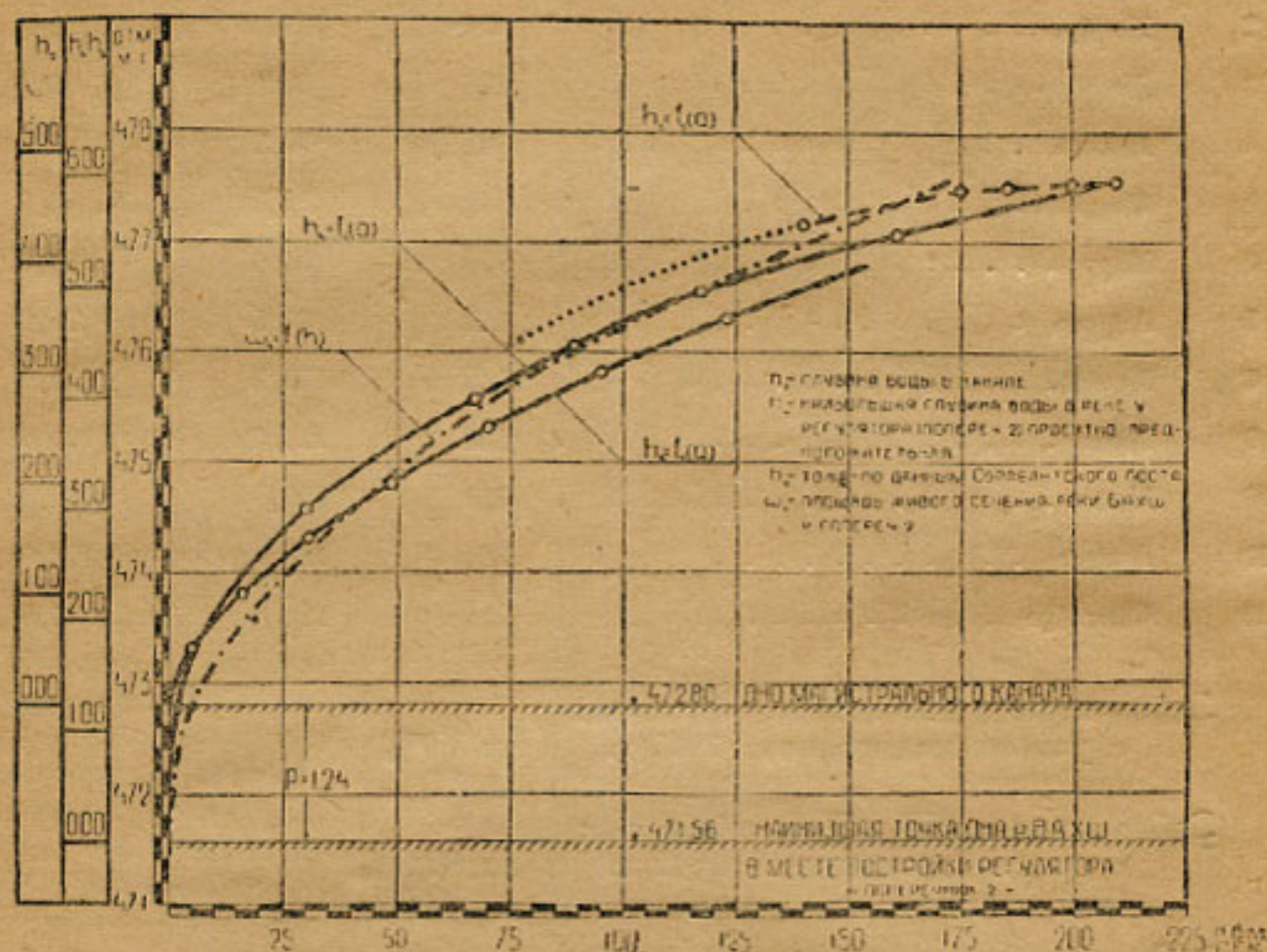


Рис. 4. Кривая расхода

на регулятор уменьшить его пропускную способность и увеличить занесение канала наносами, отметка порога сооружения была принята с некоторым, — правда, минимальным, — запасом над дном реки (1,24 м.), учитывая при этом, что колебание дна реки в зимнее время (I/X по I/IV), по данным Сорбантского гидрометрического поста, происходит в пределах 0,28 м.

При принятой отметке порога (472,80) получается возможность уменьшения земляных работ в головной части канала за счет снижения расхода воды в нем до 80 м.³/сек. в некоторые декады фиктивного года наименьших уровней.

Для уменьшения размеров регулятора принято, что он должен работать, как незатопленный водослив.

Принятый вариант регулятора имеет 7 пролетов по 4 м. в свету. Детальное устройство регулятора представлено на рис. 5. При указанных размерах сооружения возможно при расходах реки Вахш от 140 до 220 м.³/сек. отвести регулятором до 55 процентов расхода реки. При этом критическими периодами для регулятора являются февраль, март и апрель месяцы, как то следует из нижеприводимой таблицы (см. на след. 8 стр.).

В эти месяцы расход реки может снижаться до 143 м.³/сек. при потребности для орошения в 76 м.³/сек. Регулятор же в это время обеспечивает 78,5 м.³/сек.

Обеспеченность водой гидростанции в некоторые периоды зимнего времени получается не полная.

№	М е с я ц	Расход р. Вахш		Забор воды регулятором по расчету	Расход воды для ороше- ния
		Декада	Q		
1	Октябрь	III	220	121,0	0
2	Ноябрь	III	184	101,0	0
3	Декабрь	I	170	93,5	0
4	Январь	II	145	79,7	0
5	Февраль	II	143	78,5	43,6
6	Март	II	174	95,6	76,0
7	Апрель	I	152	83,5	76,0
8	М а й	I	342	120,0	109,0
9	Июнь	II	588	120,0	120,0
10	Июль	I	650	120,0	116,0
11	Август	III	734	120,0	113,0
12	Сентябрь	III	311	120,0	42,0

Забор воды в 120 м.³/сек. обеспечен:
с учетом маловодного 1917 г. на 69%
без учета " " " 73%

Забор воды в 100 м.³/сек. обеспечен:
с учетом маловодного 1917 г. на 87,5%
без учета " " " 93,0%

3. Выработка регулировочных мероприятий по обеспечению водозабора была перенесена в лабораторную обстановку.

4. Как основная мера против завлечения наносов в канал было принято положение отводить воду в канал из верхних слоев речного потока путем закладки высокого порога из шандор. При этом регулировку забираемого расхода воды в канал предположено производить секторными щитами, расположенными за шандорами. Фасадную линию регулятора намечено выдвинуть по возможности ближе к урезу воды, оставляя лишь пространство, достаточное для создания естественной перемычки из береговой полосы, необходимой при постройке сооружения. Врезание сооружения в берег опасно в отношении возможного занесения этой подходной части выемки наносами. С целью лучшей промывки порога потоком было решено не делать угол отвода острым: ось регулятора была направлена нормально к существующему прочному берегу.

Бывшим Институтом водного хозяйства, в настоящее время САНИИРСО, были предложены два способа защиты от донных наносов.

Первый из них представляет собой вспомогательный криволинейный канал¹, вырывааемый в береге реки и состоящий из подводящей и промывной части (рис. 6). На вогнутом берегу этого канала и устраивается отвод воды в магистральный канал, при чем решающее значение имеет здесь соотношение расходов воды—захваченного вспомогательным каналом и отводимого по магистральному каналу. Это соотношение должно быть в пределах

¹ Подробнее о методе „вспомогательного криволинейного канала“ см. работу Д. Я. Соколова: „Головные регуляторы магистральных каналов“. 1931.

от 1,5 до 2,0. Таким образом, расход промывного канала должен быть равен от 0,5 до 1,0 расхода магистрального канала. Скорости воды в подводящей части канала должны быть, очевидно, достаточными для продвижения по дну (но не для взвешивания) попавших в него наносов. Скорости в промывной части канала несколько больше, чем в подводящей. Количественное соотношение опытами пока еще не установлено. Можно лишь отметить, что это соотношение скоростей зависит, главным образом, от длины вспомогательного канала и от кривизны его. Для предварительных соображений можно было бы ориентировочно рекомендовать увеличение скорости при нормальных расчетных условиях на 25—50 процентов.

Способ отвода воды в магистральный канал также имеет здесь весьма существенное значение. Выпуск воды из под щита является нежелательным, если головное сооружение располагается непосредственно на вогнутом берегу вспомогательного канала. Однако, это может и не вызвать существенного ухудшения промывного действия всего устройства, если регулятор будет сдвинут вниз по оси магистрального канала и тем самым будет ослаблена донная тяга в месте магистрального канала из вспомогательного. Вообще же следует считать наиболее рациональным регулирование расхода воды в магистральном канале вести донными щитами (шандорами) или смешанным способом (шандорами и из-под щита), создавая большой порог в высокую воду в период наибольшего влечения наносов.

Место вывода магистрального канала из вспомогательного является также одним из решающих факторов. Поэтому Институт считал необходимым произвести окончательную проверку действия всего устройства на модели.

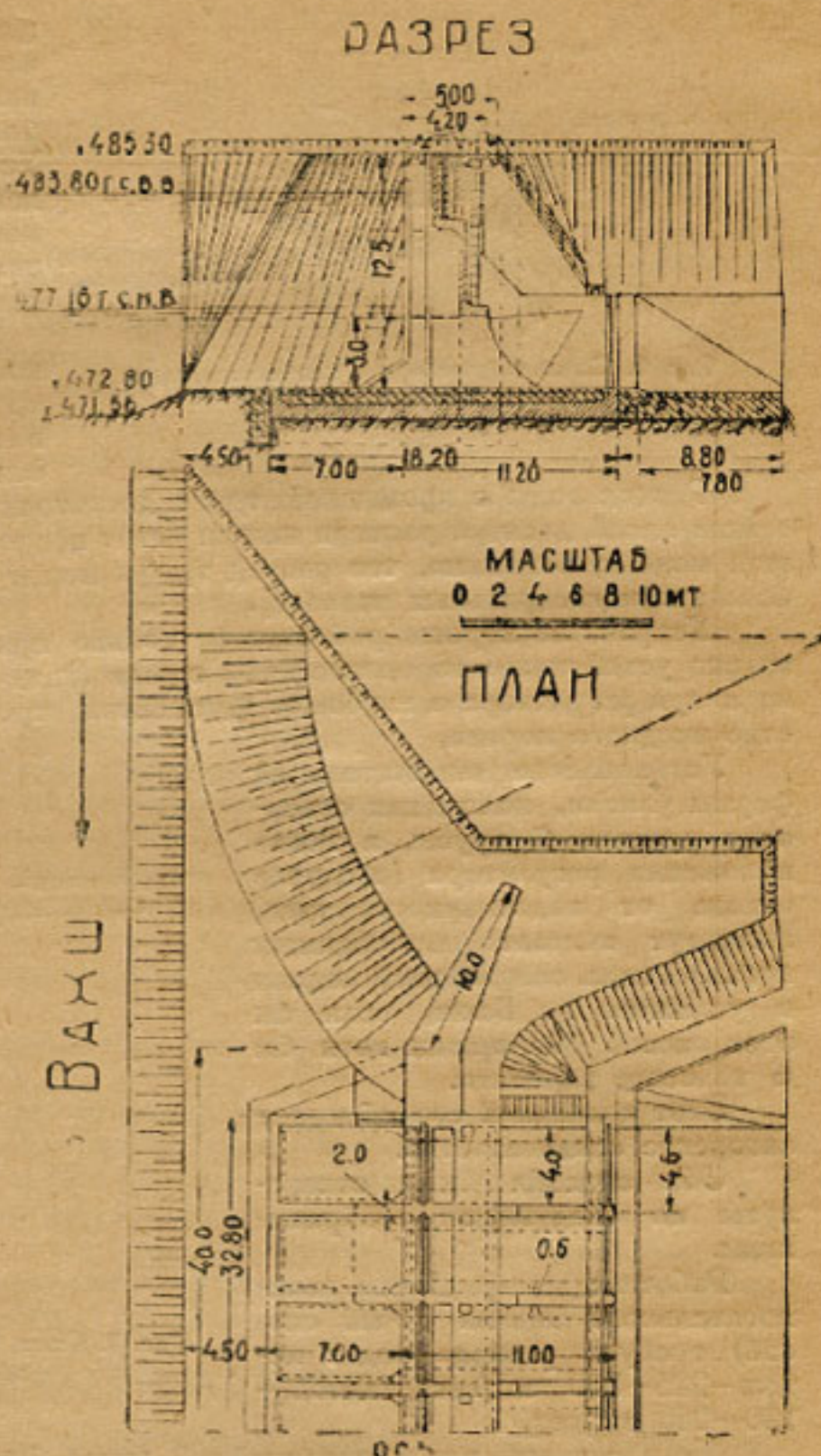


Рис. 5. Регулятор Вахшского магистрального канала (проект), разрез и план

По принципу первого (вышеизложенного) способа отвода воды выстроено водозаборное устройство Савайского магистрального канала.

Второй способ защиты магистральных каналов от донных наносов заключается в устройстве улитки в береге реки с водосливом или регулятором, выводящим воду в магистральный канал (рис. 7).



Рис. 6. Схема водозабора с вспомогательным криволинейным каналом

Расход воды в промывной трубе достаточно иметь ориентировочно не выше одной десятой расхода канала (этот вопрос требует проверки на большой модели; возможно, что расход трубы может быть еще более снижен для больших магистральных каналов).

Устройство хорошо работает не только при водосливе, требующем довольно устойчивого горизонта воды в реке (наличия подпорного сооружения), но и при регуляторе с глубоким флютбстом, при обязательном лишь устройстве входного порога.

Установление окончательной формы улитки, положения отверстия промывной трубы, а также положения регулятора (в случае отказа от водосливного типа) Институт считает необходимым произвести на специальной модели в условиях р. Вахш, если бы этот способ был принят хотя бы в качестве варианта.

Этот последний способ имеет авторское свидетельство.

Оба способа были отвергнуты по следующим соображениям.

Работа криволинейного вспомогательного канала (1-ый способ) требует расхода воды: летом—225—300 м.³/сек., зимой—180—240 м.³/сек.

Если считать, что криволинейный канал будет работать только летом, когда движутся наносы и когда в реке есть излишек воды, то промывная часть канала должна быть снабжена шлюзом у регулятора для прекращения сброса воды зимой. Это обстоятельство значительно удорожит все водозаборное устройство.

При наличии же высокой шандорной стенки в наводок нет оснований опасаться завлечения наносов в канал. Зимой же движение донных наносов значительно сокращается, и, кроме того, при закрытой промывной части криволинейного канала условия работы регулятора будут те же, что и при принятом варианте.

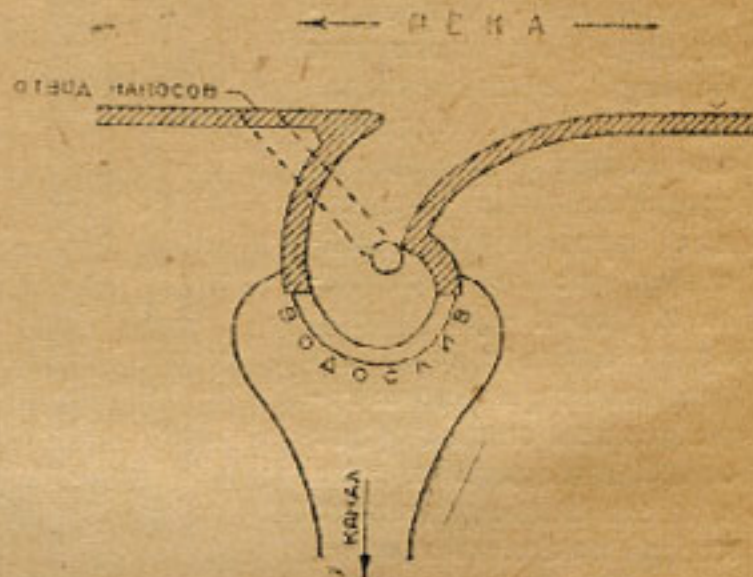


Рис. 7. Схема водозабора со спиралевидной заборной камерой

Второй способ был отвергнут потому, что еще не был испытан в натуре на более или менее крупных сооружениях. По мнению Техсовета Главхлопкома (№ 41/459 от 26—29/X 1930 г.), невозможно ставить в зависимость от результатов опыта с таким сооружением действие важной оросительной системы.

§ 2. ПРОГРАММА ИССЛЕДОВАНИЙ

При рассмотрении проекта на совместном заседании Научно-технического совета Наркомзема и Техсовета ГХК было постановлено ряд вопросов, вызывающих сомнение, подвергнуть изучению на модели. В связи с этим и были поставлены опыты, при чем программа исследований в основном сводилась к следующему:

1. Для трех положений сооружения в русле реки при заданных проектом горизонтах воды за регулятором ниже бычков произвести измерения расходов воды, забираемых регулятором при бытовых проектно-предположительных и фактически наблюдаемых горизонтах р. Вахш. При испытании модель регулятора устанавливается фасадной линией вдоль бровки берега (левого).

2. В случае установления невозможности забора нужного расхода—определить, при каких горизонтах воды непосредственно за регулятором возможен отвод этого расхода для всех трех положений сооружения, а при проектных уровнях за регулятором—при каком числе пролетов тех же размеров (4 м. в пролете).

3. Установить коэффициент расхода сооружения для рассматриваемых режимов реки в зависимости от расхода в канале во всех трех положениях.

4. В случае невозможности вывода заданного расхода воды при проектных данных—установить на модели рациональные регулировочные меры для обеспечения его во всех трех положениях сооружения, если это положение не будет установлено на основании результатов по другим вопросам исследований (о наносах и о величине возможного к отводу расхода).

5. Установить качественную картину возможного движения наносов перед сооружением во всех трех положениях регулятора.

Во время испытания регулятора выяснилась необходимость произвести испытание еще в четвертом положении (по предложению председателя Техсовета ГХК), сдвинутом по отношению к положению третьему на 67 м. вниз по течению.

Испытание модели производилось при двух гидрологических режимах русла:

1. При наличии бара за поперечником № 4—в расширенной части русла.

2. В предположении, что бар может быть снесен, благодаря чему горизонты воды в реке понизятся, при чем при проектировании предполагалось, что река в месте расположения регулятора и ниже примет тот же уклон, что и в верховой части. В связи с этим Средазводпроизом были представлены две таблицы, содержащие в себе условия работы регулятора при наличии бара и без него (таблицы 2 и 3 на стр. 12 и 13).

§ 3. ПОСТАНОВКА ОПЫТОВ¹

В виду зимнего времени и невозможности благодаря этому производить опыты на открытом месте, где модель реки можно было бы построить в сравнительно крупном масштабе, Институт был вынужден изготовить модель в масштабе $1/70$, позволяющем уместить ее в русловом лотке зимней лаборатории, при чем даже и при таком масштабе оказалось необходимым низовую расширяющуюся часть реки построить в зеркальном изображении, так как в естественном положении эта часть русла не помещалась в лотке. Отбросить же эту расширенную часть русла было нежелательно вследствие воз-

¹ Опыты проведены под руководством автора специалитом С. А. Росс при участии техников Широкова, Зотова, Пожидаева и Марковского.

мощного ее влияния на горизонт воды вышележащего участка, что впоследствии при проведении опытов и подтвердилось.

Таблица 2

Расход воды в реке при закрытом регуляторе	Проектно-бытовые горизонты реки при закрытом регуля- торе в месте распо- ложения его			Отметки порога регулятора при проектно- бытовых гори- зонтах реки для положений регулятора			Отметка флютбета меж- ду вырьющими крыльями ре- гулятора при проектно- бытовых гори- зонтах реки для положений регулятора			Расход воды, забираемый регулятором при проектно- бытовых горизонтах	Проектная глубина воды за регулятором между вырью- щими крыльями, отсчиты- ваемая от плоскости порога регулятора для положений регулятора		
	Выше на 50 м. поперечн. № 2	На попереч- нике № 2	На попереч- нике № 3										
	I	II	III-IV	I	II	III-IV	I	II	III-IV		I	II	III-IV
100	476,25	476,0	475,87	472,80	472,54	472,41	472,60	472,34	472,21	55 0	2 26	2,26	2,26
140	476,84	476,58	476,45	—	—	—	—	—	—	77 0	2 66	2 66	2,66
175	477,22	476,96	476,83	—	—	—	—	—	—	96 0	3 04	3 04	3,04
200	477,46	477,20	477,07	—	—	—	—	—	—	110 0	3 28	3,28	3,28
220	477,66	477,40	477,27	—	—	—	—	—	—	120 0	3 46	3,46	3,46

Модель была изготовлена неразмываемой—из раствора цемента с песком, при чем захваченный моделью участок реки простирался от первого проектного положения регулятора вверх по течению на 500 м., вниз по течению на 520 м.

Для трех¹ положений регулятора при наличии бара, т.-е. при наблюдаемых бытовых условиях реки, были просмотрены на модели следующие режимы реки и канала (величины указаны для модели) (см. табл. 4 на 14 стр.).

Для строк 4 и 5 этой таблицы горизонты для расходов 3,43 и 2,45 лит./сек. (140 м.³/сек. и 100 м.³/сек.) фактически в реке не были замерены, поэтому при опытах в этих условиях принимался тот горизонт, который устанавливался естественным путем при переходе от режима третьего, т.-е. при уменьшении расхода воды с 4,29 лит./сек. до 3,43 лит./сек. без изменения положения регулирующих горизонт воды спиц в конце модели русла.

Для пересчета отметок в натуру следует отметку модели умножить на 70 и полученную цифру (переведенную в метры) прибавить к отметке 461,00 м., которая была принята за 0. Для перевода модельных расходов в натуру следует их умножить на 41.000.

При отсутствии бара, т.-е. для проектно-бытовых условий, работа регулятора изучалась в трех его положениях по данным следующей таблицы (см. табл. 5 на 14 стр.).

Работа сооружения без бара была просмотрена в двух его положениях—первом и четвертом.

Всего было произведено 6 опытов в трех положениях регулятора, при чем опыт № 4 был произведен для повышенной на 7 см. отметки порога регулятора в четвертом его положении. Это было сделано с целью установления влияния повышения отметки порога (на 70 см. в натуре) на пропускную способность регулятора, так как, как это оказалось при предыдущих положениях, регулятор обладает большей пропускной способностью, чем это предусмотрено в проекте.

¹ Второе положение не подвергалось исследованию, так как по ходу опытов была видна невыгодность расположения регулятора в этом месте.

Расход воды в реке при закрытом регуляторе	Фактические бытовые горизонты при закрытом регуляторе в месте расположения его			Отметки порога регулятора при фактических бытовых горизонтах реки для положений регулятора			Отметки флютбета между ныряющими крыльями регулятора при фактических бытовых горизонтах реки для положений регулятора			Расход воды, забираемый регулятором при проектных бытовых горизонтах	Проектная глубина воды за регулятором между ныряющими крыльями, отсчитываемая от плоскости порога регулятора для положений регулятора			Примечания
	Выше на 50 м. поперечника № 2	На попереч- нике № 2	На попереч- нике № 3								I	II	III-IV	
100	—	—	—	472,80	472,80	472,80	472,60	472,60	472,60	55,0	2,26	2,26	2,26	1. Расходы воды менее 175 м. ³ /сек. для реки Вахш фактически не наблюдались. 2. Таблица составлена на основании данных проекта головного регулятора и данных замеров горизонтов воды реки от 9 XII—1930 г.
140	—	—	—	—	—	—	—	—	—	77,0	2,66	2,66	2,66	
175	477,48	477,48	477,48	—	—	—	—	—	—	96,0	3,04	3,04	3,04	
200	477,55	477,55	477,55	—	—	—	—	—	—	110,0	3,28	3,28	3,28	
220	477,66	477,66	477,66	—	—	—	—	—	—	120,0	3,46	3,46	3,46	

Таблица 4

№№	Q лит./сек. реки	Горизонт воды в реке в см.	Отм. порога регулятора в см.	Q лит./сек. в канале	Горизонт воды за бычками в см.	Глубина над порогом в канале в см.	Глубина в реке над порогом до открытия
1	5,4	23,80	16,86	2,94	21,80	4,94	6,94
2	4,9	23,64	..	2,70	21,51	4,68	6,78
3	4,29	23,54	.	2,35	21,20	4,34	6,68
4	3,43	нет	.	1,88	20,66	3,80	нет
5	2,45	нет	.	1,35	20,08	3,22	нет

Таблица 5

Расход в ре- ке лит./сек.	Горизонт воды при за- крытом регуляторе в см.		Отметка порога регулятора		Расход в канале лит./сек.	Глубина за бычками над порогом в см.	
	I	III и IV	I	III и IV		I	III и IV
5,4	23,80	23,24	16,86	16,30	2,94	4,94	4,94
4,9	23,51	22,96	—	—	2,70	4,68	4,68
4,29	23,17	22,61	—	—	2,35	4,34	4,34
3,43	22,63	22,07	—	—	1,88	3,80	3,80
2,45	21,80	21,24	—	—	1,35	3,23	3,23

Для всех испытанных трех положений регулятора и для всех табличных расходов (за малым исключением) были произведены замеры горизонтов воды во время работы его, при чем замеры эти производились перед регулятором и в конце его для возможности выявления коэффициента бокового сжатия сооружения.

Результаты замеров сведены в таблицу 11 (см. стр. 18 и 19).

Для суждения о характере захода воды в регулятор для всех испытанных положений были произведены фотосъемки. поверхностных струй и для нескольких условий—донных струй.

Полученный материал фотосъемки позволяет в достаточной мере судить о характере входа воды в регулятор, о возможных отложениях наносов и попадании их в канал.

Для выявления картины движения наносов, а также их отложений, в захваченной моделью области были произведены особые качественные наблюдения движения наносов и их отложений в этой области.

Так как оказалось, что при наблюдаемых бытовых условиях реки регулятор забирает гораздо больше воды, чем это предполагалось проектом, была поставлена задача установления необходимого числа пролетов для пропуска проектного расхода при проектном же горизонте воды в канале.

Результаты этих наблюдений сведены в таблицу 12 (см. стр. 23).

Для воспроизведения картины смыва бара была проделана следующая операция:

В баре был вырыт канал шириной 30 см., служащий продолжением стрежня реки. Дно этого канала было сделано ниже порога регулятора на 1 см. (0,70 м.), т. е. имело отметку 15,86 см.

Хотя это был чисто искусственный прием, но, не обладая никакими материалами, могущими дать представление о форме дна после исчезновения бара, этот путь представлялся единственным дающим возможность воспроизвести проектно-бытовые условия (предположительные).

При этом регулировка горизонта воды производилась также спицами, но уже перенесенными выше, в конец узкой части русла. Таким образом, было как бы устранено влияние расширенной части русла.

§ 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты исследований могут быть сведены в следующие четыре раздела.

1. Горизонты воды в русле при отводе из него части расхода.

А. При баре для всех трех испытанных положений регулятора—первого, третьего и четвертого.

В результате измерений получены нижеследующие таблицы понижений горизонта воды в реке вследствие изъятия из нее части расхода.

Для первого положения регулятора:

Таблица 6

Q реки в м. ³ /сек.	q канала в м. ³ /сек.	Горизонт воды до открытия регулятора в м.	Горизонт воды после открытия регулятора в м.	Понижение горизонта воды в м.
220	194,0	477,66	476,46	1,20
200	199,0	477,55	476,26	1,29
175	170,0	477,48	426,08	1,40
140	140,0	477,25	475,51	1,74
100	100,0	477,00	475,13	1,87

Самая низкая отметка на гребне бара—475,50 м., средняя же отметка гребня бара—476,50.

Для третьего положения регулятора:

Таблица 7

Q реки в м. ³ /сек.	q канала в м. ³ /сек.	Горизонт воды до открытия регулятора в м.	Горизонт воды после открытия регулятора в м.	Понижение горизонта воды в м.
220	184	477,66	476,381	1,276
200	173,5	477,55	476,195	1,355
175	175,0	477,48	475,915	1,565
140	140,0	477,25	475,495	1,755
100	100,0	477,00	475,131	1,869

Таблица 8

Q реки в м. ³ /сек.	q канала в м. ³ /сек.	Горизонт воды до открытия регулятора в м.	Горизонт воды после открытия регулятора в м.	Понижение горизонта воды в м.
220	212	477,66	476,44	1,22
200	196	477,55	476,314	1,236
175	175	477,48	476,04	1,44
140	140	477,25	475,667	1,583
100	100	477,00	475,21	1,79

Б. Без бара произведены измерения для первого и четвертого положений регулятора.

В результате получены следующие две таблицы понижений горизонта воды:

Для первого положения регулятора:

Таблица 9

Расход в регуляторе		Расход реки Q в м. ³ /сек.	Горизонт воды при закрытом регуляторе в м.	Горизонт воды при открытом регуляторе в м.	Понижение горизонта воды в м.	Недобор воды в канале в м. ³ /сек.	$\frac{q}{Q}$ в %
q проект. м. ³ /сек.	q опыт. м. ³ /сек.						
120	100	220	477,66	476,38	1,28	20	45
110	93	200	477,46	476,153	1,31	17	46,5
96	76	175	477,22	475,97	1,25	20	43,5
77	71	140	475,84	475,59	1,25	6	50,5
55	51,5	100	476,26	475,13	1,13	3,5	51,5

Для четвертого положения регулятора:

Таблица 10

Расход в регуляторе		Расход реки Q в м. ³ /сек.	Горизонт воды при закрытом регуляторе в м.	Горизонт воды при открытом регуляторе в м.	Понижение горизонта воды в м.	Недобор воды в канале в м. ³ /сек.	$\frac{q}{Q}$ в %
q проект. м. ³ /сек.	q опыт. м. ³ /сек.						
120	135	220	477,270	475,903	1,367	—15	61,5
96	108	175	476,86	475,52	1,34	—12	62
55	78,0	100	476,87	474,79	1,08	—23	78

Из рассмотрения таблиц устанавливаем следующее:

1. Отметка горизонта воды в реке при расходе в ней 175 м.³/сек. становится ниже отметки гребня бара для третьего и четвертого положений и несколько выше его для первого положения, что и обуславливает почти сто-процентный отвод воды в регулятор при расходах в реке в 175 м.³/сек. и меньших его (таблицы 6—8).

2. Устранение бара обуславливает более низкий горизонт воды в реке, хотя понижение его в этом случае, обуславливаемое выводом воды, меньше, чем при баре. Это объясняется тем, что при баре коэффициент отвода (отношение $\frac{q}{Q}$, где Q — расход в реке и q — расход в регуляторе) значительно выше, чем без него.

3. Величина понижения горизонта воды при баре увеличивается с уменьшением расхода в реке, так как коэффициент отвода $\frac{q}{Q}$ повышается. Без бара же понижение горизонта воды почти постоянно: оно несколько уменьшается с уменьшением расхода в реке.

Это объясняется меньшим отводимым расходом q при незначительном повышении коэффициента отвода.

4. При наличии бара отметка горизонта воды в реке при открытом регуляторе всегда выше, чем без бара. А так как отметка горизонта воды за регулятором постоянна, то перепад в сооружении при баре всегда больше, чем без него. Это и обуславливает увеличенную пропускную способность регулятора.

5. Из всего сказанного следует, что бар в расширенной части русла играет роль естественной плотины.

II. Пропускная способность регулятора.

Для характеристики работ регулятора в различных его положениях приводится на стр. 18—19 сводная таблица 11, в которой имеются все основные данные для расчета сооружения—расходы в реке и регуляторе, горизонты воды в реке и за регулятором, перепады и коэффициент бокового сжатия, позволяющие произвести пересчет сооружения и для других условий, в частности для пропуска расчетного расхода при проектно-бытовых (предположительных) горизонтах воды в реке.

Для характеристики условий входа воды в сооружение при различных режимах реки и при разных положениях сооружения приведены фотографии поверхностных и донных струй (фото 1—5).

Из рассмотрения указанных материалов можно установить следующее:

1. Бар при настоящей отметке его гребня (средняя 476,50) обеспечивает значительно больший процент отвода воды при проектных размерах регулятора: в пределах от 83 до 100 процентов при всех испытанных положениях сооружения (1, 3 и 4). Все три положения не дают существенной разницы (в условиях модели) в величине водозабора, и везде он превышает проектную величину—55 процентов.

2. При снесении бара коэффициент отвода колеблется в пределах:

для 1-го положения—от 43,5 до 51,5%,

для 4-го " — от 61,5 до 78%.

Недобор воды в первом положении уменьшается с уменьшением расхода воды в реке. По характеру поверхностных струй (для этого положения) можем видеть неблагоприятные условия входа воды в сооружение, чем отчасти и следует объяснить недобор воды в канал.

Так, на фот. 1 видим условия входа воды при более высоких расходах в реке—220 м.³/сек., когда и наблюдается больший недобор: три верхних пролета сооружения охвачены водоворотом, так что через два первых пролета вода вытескается обратно из канала в реку, а в третьем пролете нет никакого движения ее.

Для положения четвертого хотя и получены большие величины отводимого расхода по сравнению с первым, но это следует объяснить несколькими условиями проведения опытов.

Порог регулятора в четвертом положении был снижен на 0,39 м. (согласно таблицы условий опытов), влияние же бара, видимо, не было устранено в достаточной мере¹. Кроме того, сооружение в четвертом положении несколько повернуто навстречу потоку по сравнению с положением третьим.

В результате для четвертого положения получили большие расходы в нем по сравнению с первым положением.

¹ Необходима была переделка модели для полного устранения влияния бара. Этого по недостатку времени не представилось возможности выполнить. Для суждения же о пропускной способности регулятора при проектно-бытовых условиях имеются результаты опытов с первым положением.

№№ таблиц	Расход в реке		Горизонт воды в реке до открытия		Расход в канале q		Горизонт воды в канале		Горизонт воды в реке после [открытия]		Перевал		Глубина в реке над порогом		Скорость		H ₀ см.	c ₀ , м. с	k	c _a	Коэфф. бокового сла- бия	Приме- чания
	Натура м. ³ .	Модель лит./сек.	Натура м.	Модель см.	Натура м. ³ /сек.	Модель лит./сек.	Натура м.	Модель см.	Натура м.	Модель см.	Натура м.	Модель см.	Натура м.	Модель см.	v см./сек.	$\frac{v^2}{2g}$						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	220	5,4	477,66	23,80	194,0	4,77	176,262	21,805	476,461	22,09	0,299	0,285	3,661	5,23	22,8	0,263	5,48	0,21	0,903	0,73	0,748	Опыт I. Поло- жение рег. 1 с баром. Отм. по- рога 472,80.
2	200	4,9	477,55	23,64	199,0	4,88	476,076	21,54	476,26	21,80	0,180	0,26	3,46	4,94	24,7	0,31	5,25	0,23	0,894	0,755	0,79	
3	175	4,29	477,48	23,51	170	4,18	475,90	21,285	476,03	21,545	0,18	0,26	3,28	4,685	22,3	0,25	4,94	0,214	0,897	0,750	0,740	
4	140	3,43	477,25	23,21	140	3,43	475,481	20,69	475,539	20,73	0,028	0,04	2,709	3,87	22,2	0,25	4,12	0,232	0,93	0,64	0,94	
5	100	2,45	477,00	22,85	100	2,45	475,054	20,08	475,131	20,19	0,08	0,11	2,331	3,33	18,4	0,173	3,503	0,213	0,92	0,676	0,82	
6	220	5,40	477,66	23,80	100	2,45	476,303	21,865	476,367	21,955	0,063	0,09	3,567	5,095	12,0	0,074	5,168	0,119	0,97	0,436	0,70	Опыт II. Полож. рег. 1. без ба- ра (№ 6 гр. 1 без забр. стенок). Отм. порога 472,80.
7	220	5,40	477,66	23,80	100	2,43	476,30	21,86	476,38	21,98	0,08	0,12	3,504	5,12	11,9	0,073	5,19	0,1165	0,967	0,456	0,663	
8	220	5,40	477,66	23,80	120	2,94	475,803	21,15	475,92	21,315	0,116	0,165	3,12	4,46	16,5	0,138	4,593	0,168	0,94	0,588	0,73	
9	200	4,9	477,46	23,50	93	2,28	476,094	21,565	476,153	21,65	0,0665	0,095	3,353	4,79	11,9	0,072	4,862	0,12	0,97	0,437	0,714	
10	175	4,29	477,22	23,17	76	1,86	475,915	21,31	475,97	21,39	0,056	0,08	3,17	4,53	9,15	0,043	4,57	0,107	0,975	0,4	0,695	
11	140	3,43	476,84	22,63	71	1,73	475,502	20,72	475,593	20,85	0,091	0,13	2,793	3,99	10,8	0,06	4,05	0,12	0,955	0,532	0,587	
12	100	2,45	476,26	21,80	51,5	1,26	475,047	20,07	475,1275	20,185	0,0805	0,115	2,328	3,325	9,5	0,0458	3,37	0,115	0,954	0,532	0,562	

13	220	5,4	477,66	23,80	184	4,50	476,269	21,815	476,384	21,98	0,1155	0,165	3,584	5,12	22,0	0,246	5,866	0,204	0,925	0,657	0,807	Опыт III. Пол. рег. 3 с баром (№ 8 графы 1-й пропуск-про- екти. расхода). Отм. порога 472,80.
14	200	4,9	477,55	23,64	173,5	4,25	476,048	21,500	476,195	21,70	0,147	0,210	3,395	4,85	21,9	0,244	5,094	0,208	0,912	0,702	0,77	
15	175	4,29	477,48	21,54	175	4,29	475,828	21,185	475,915	21,31	0,0945	0,125	3,45	4,45	24,1	0,296	4,75	0,234	0,91	0,71	0,855	
16	140	3,13	477,25	23,21	140	3,48	475,45	20,645	475,495	20,71	0,0455	0,065	2,695	3,85	22,3	0,253	4,103	0,233	0,925	0,658	0,92	
17	100	2,45	477,00	22,85	100	2,45	475,054	20,08	475,131	20,19	0,077	0,11	2,331	3,33	18,4	0,173	3,503	0,213	0,92	0,676	0,82	
18	220	5,4	477,66	23,80	177	4,35	476,26	21,80	476,477	22,11	0,217	0,31	2,975	4,25	25,6	0,333	4,583	0,25	0,86	0,835	0,78	Опыт IV. Пол. рег. 4 с баром. Отм. порога 473,50.
19	175	4,29	477,66	23,80	175	4,29	475,84	21,20	476,03	21,48	0,190	0,28	3,234	3,62	29,7	0,45	4,07	0,296	0,82	0,903	0,85	
20	100	2,45	476,26	21,80	100	2,45	475,117	20,17	475,236	20,34	0,119	0,17	1,736	2,48	24,7	0,313	2,79	0,297	0,83	0,887	0,87	
21	220	5,4	477,66	23,80	212	5,2	476,258	21,80	476,44	22,06	0,182	0,26	3,64	5,20	25,0	0,32	5,52	0,229	0,898	0,744	0,8	Опыт V. Полож. рег. 4 с баром. Отм. пор. 472,80.
22	200	4,9	477,55	23,64	196	4,8	476,094	21,565	476,314	21,88	0,22	0,325	3,514	5,02	24,0	0,296	5,32	0,221	0,885	0,778	0,736	
23	175	4,29	477,48	23,54	175	4,29	475,859	21,23	476,04	21,49	0,182	0,26	3,24	4,63	23,0	0,275	4,905	0,223	0,89	0,767	0,756	
24	140	3,43	477,25	23,21	140	3,43	475,495	20,71	475,667	20,955	0,172	0,245	2,867	4,095	21,0	0,226	4,32	0,217	0,888	0,77	0,73	
25	100	2,45	477,00	22,85	100	2,45	475,075	20,11	475,21	20,305	0,135	0,195	2,412	3,445	17,8	0,162	3,602	0,203	0,903	0,731	0,724	
26	220	5,4	477,27	23,43	135,0	3,31	475,847	21,21	475,903	21,29	0,056	0,08	3,493	4,99	16,6	0,14	5,13	0,162	0,957	0,516	0,82	Опыт VI. Пол. рег. 4 без бара. Отм. порога 472,41. Без забр. стенок.
27	175	4,29	476,83	22,80	104,2	2,65	475,469	20,67	475,525	20,75	0,056	0,08	3,11	4,45	14,90	0,11	4,56	0,154	0,958	0,51	0,783	
28	100	2,45	475,87	21,43	78,7	1,92	474,685	19,55	474,797	19,71	0,112	0,16	2,38	3,41	14,05	0,10	3,51	0,164	0,926	0,655	0,650	

3. Условия входа воды при испытанных положениях сооружения, представленные на фотографиях, неблагоприятны.

Помимо указанных водоворотов, охватывающих часть пролетов сооружения, общее направление потока, идущего в регулятор, не совпадает с направлением бычков (положения 3 и 4). В результате получается удар струй в бычки и отжим их возле торцов, ясно видимый на фото 2 и 3. Для улучшения условий входа необходимо или врезание сооружения в берег, или же уменьшение угла отвода канала (угла между направлением потока и осью сооружения) при соответственно подобранной форме подходной выемки и, главным образом, верхового крыла ее.



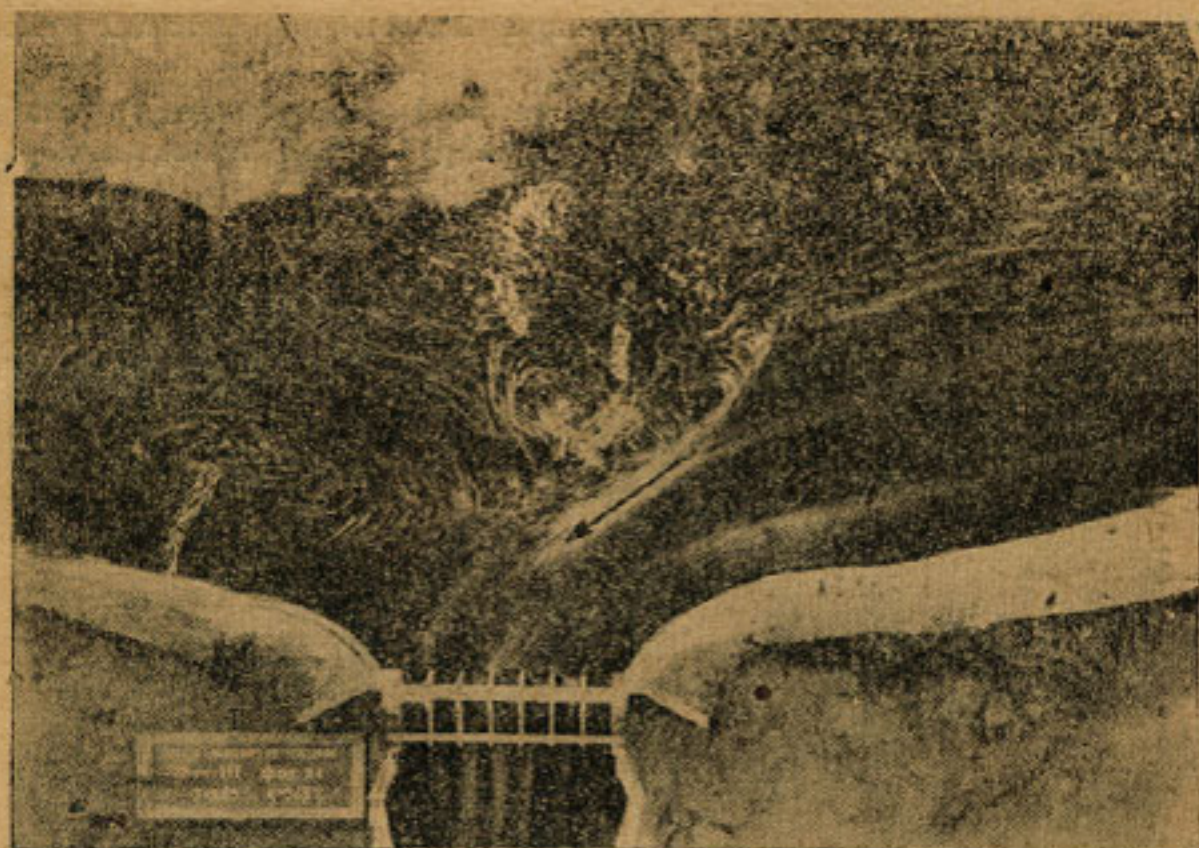
Фот. 1. Положение регулятора 1 при наличии бара, Q реки $= 220$ м.³/сек., q регул. $= 100$ м.³/сек., коэфф. бокового сжатия $\epsilon = 0,70$.

В положении первом—при отводах всего (или почти всего) расхода реки—направление потока более благоприятное вследствие наличия существующих отложений наносов А возле верхового крыла (левого) выемки, отжимающих поток. Однако, эти же отложения при отводах воды около 50 процентов от полного расхода реки создают чрезвычайно неблагоприятный отжим потока и образование водоворота, захватывающего даже часть пролетов сооружения. Снесение же этих отложений обусловит при больших расходах реки примерно тот же характер входа воды в сооружение, что и при третьем и четвертом его положениях, а, следовательно, и те же мероприятия по улучшению условий входа.

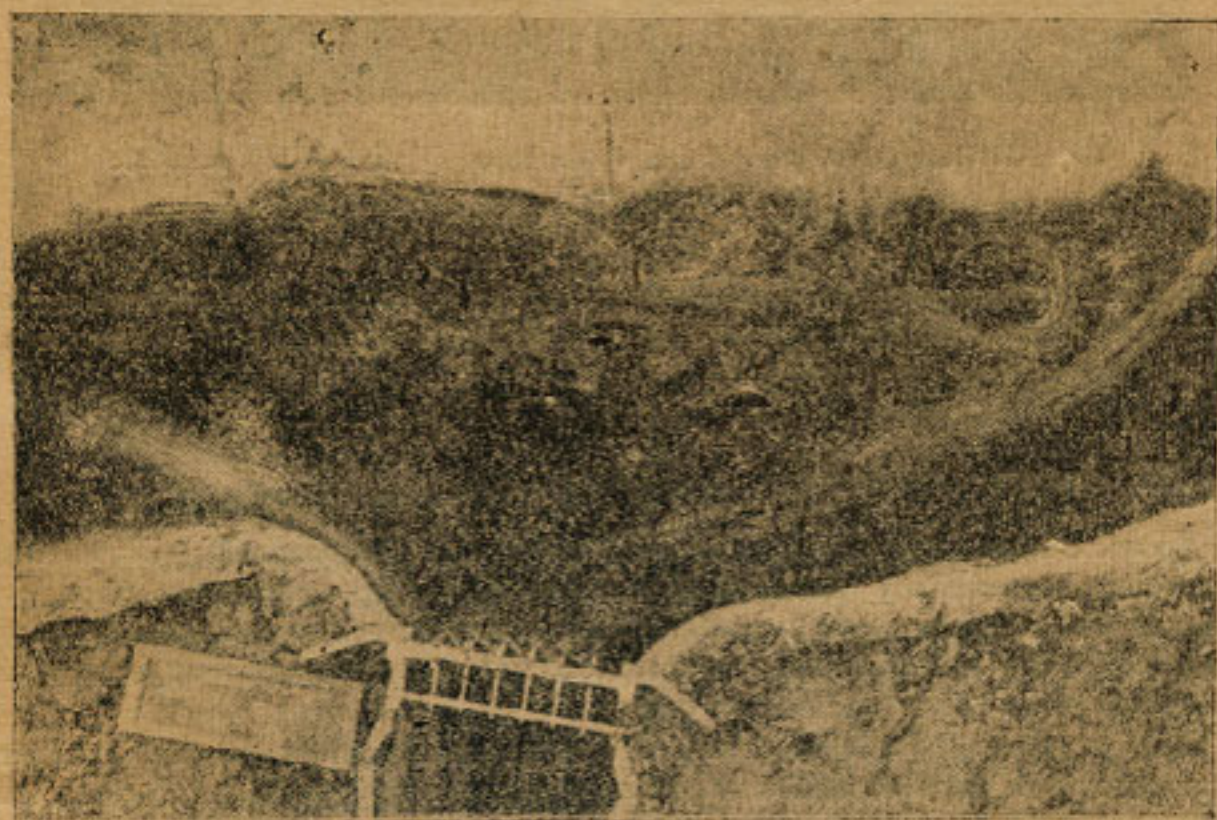
4. Коэффициент бокового сжатия для первого положения при отсутствии бара снижается до чрезмерно малой величины (фот. 4; $\epsilon = 0,56$) в тех случаях, когда коэффициент отвода снижается до 50 процентов; однако, и при наличии бара, когда отводится почти весь расход реки, коэффициент бокового сжатия не высок—он не превышает 0,82, если не учитывать один случай при $Q = 140$ м.³/сек., когда $\epsilon = 0,94$, вызывающий некоторое сомнение, так как, по Френсису, для лобового подвода воды коэффициент бокового сжатия достигает лишь 0,91.

Для третьего положения (с баром) хотя получаются и не вполне благоприятные условия входа, но ϵ не спускается ниже 0,77.

Если обратиться к фотографиям (фот. 2)¹ поверхностных струй, то можем констатировать отсутствие водоворотов в области подхода и активное участие в пропуске воды всех пролетов сооружения при всех испытанных расходах воды в реке в пределах 100—220 м.³/сек.



Фот. 2. Положение регулятора 3 при наличии бара, Q реки = 140 м.³/сек., q регул. = 140 м.³/сек.



Фот. 3. Положение регулятора 4 без бара, Q реки = 220 м.³/сек., q регул. = 135 м.³/сек.

¹ Подобную картину показывают и другие фотографии поверхностных струй для третьего положения регулятора.

Для четвертого положения (с баром) ϵ колеблется в пределах от 0,73 до 0,80 (при проектной отметке порога 472,80).

В общем подбором расположения сооружения в плане и формы подходной выемки удастся для всех положений его достичь повышения коэффициента бокового сжатия примерно до 0,85 при естественно-бытовых условиях и до 0,80 при проектно бытовых условиях.

В этом случае будет обеспечен и необходимый водозабор (55%) при проектно-бытовых горизонтах воды (без бара) и при проектных размерах сооружения.



Фот. 4. Положение регулятора 1 без бара, Q реки = 100 м.³/сек, q регул. = 51,5 м.³/сек.

5. При повышении порога регулятора на 0,70 м. в четвертом положении сооружения (при существовании бара) забираемый расход в канал также превосходит проектную величину.

III. Достаточное число пролетов.

Достаточное число пролетов (проектных размеров) регулятора для обеспечения проектного расхода в канале при существовании бара с вышеуказанной средней отметкой гребня устанавливается приводимой на стр. 23 таблицей 12 для испытанных трех положений сооружения—первом, третьем и четвертом.

Из таблицы 12 следует, что при всех положениях расход может быть обеспечен тремя пролетами по 4,0 м. при отметке порога 472,80 м. Некоторый недобор (114 м.³/сек. вместо 120 м.³/сек.) при третьем положении сооружения по сравнению с первым и четвертым может быть отчасти объяснен ошибкой измерений (в масштабе 6 м.³/сек. составят 0,15 лит./сек.), а отчасти несколько менее выгодным расположением сооружения по отношению к потоку, чем это имеет место в первом и четвертом положениях, особенно в последнем, где сооружение повернуто навстречу потоку.

Число необходимых пролетов для пропуска проектного расхода воды

Положение регулятора	Опыт	Число открит. пролет.	Расход в реке		Проек. расх. в канале		Расх., идущ. в канаву		Перепад		Примечания
			в натуре м. ³ /сек.	в модели л./сек.	в натуре м. ³ /сек.	в модели л./сек.	в натуре м. ³ /сек.	в модели л./сек.	в натуре в м.	в модели в см.	
1 1-ое проектное положение	I	1 2 3	220	5,40	120	2,94	55 89 123*	1,34 2,17 3,00	0,93 0,65 0,41	1,29 0,93 0,59	Без забральных стенок.
3-ье "	III	1 2 3	220	5,40	120	2,94	54 91,5 123	1,31 2,23 3,00	0,96 0,67 0,46	1,37 0,96 0,66	С забральными стенками.
		1 2 3	220	5,40	120	2,94	56,0 95 114 150	1,37 2,31 2,78 3,65	1,03 0,68 0,49 0,34	1,47 0,98 0,70 0,49	
		1 2 3	200	4,90	110	2,70	55 96 123	1,33 2,35 3,00	1,14 0,95 0,77	1,63 1,36 1,10	
		1 2 3	175	4,29	96	2,35	53 92 125	1,29 2,24 3,05	1,22 0,89 0,69	1,74 1,27 0,98	
		1 2 3	140	3,43	77,0	1,88	55 91,0	1,34 2,21	1,61 1,38	2,30 1,97	Открывались последовательно 7-й пролет, 6-й, 5-й и т. д. (см. схему на рис. 8).
		1 2	100	2,45	55	1,35	49 85	1,20 2,08	1,74 1,43	2,48 2,04	
4-ое "	V	1 2 3	200	4,90	110	2,70	58 97 135	1,41 2,36 3,29	1,50 1,12 0,80	2,14 1,60 1,15	
		1 2	175	4,29	96	2,35	59,5 96,0	1,45 2,32	1,33 1,07	1,90 1,53	
		1 2	140	3,43	77	1,88	48,0 86,0	1,17 2,10	1,50 1,28	2,14 1,83	
		1 2	100	2,45	55	1,35	42,0 82,0	1,03 2,00	1,72 1,50	2,46 2,14	

IV. Характер движения донных наносов.

Количественная сторона вопроса, за недостатком времени, а также из гидрогеологических данных, не могла быть освещена опытами. Качественная картина движения и отложений просмотрена была для всех положений сооружения при существовании бара и при его сношении.

В общем картина движения и отложения донных наносов однохарактерна для всех положений.

Для первого положения регулятора нанесены четыре схемы отложений наносов в области отвода при наличии бара и без него (рис. 9—12, стр. 24—25).

Из схем видно, что при наличии бара наносы вместе с потоком движутся в регулятор. Несколько ниже его имеются слабые отложения, образуемые, главным образом, выпадающими из взвешенного состояния наносами вследствие чрезвычайно малых скоростей ниже сооружения. Распространение отложений вниз по реке незначительное—оно определяется областью водоворо-

тов, образующихся в русле ниже сооружения, как это видно из фотографий поверхностных струй, при чем эти отложения при повышении расхода воды в реке, очевидно, будут смываться естественным путем.

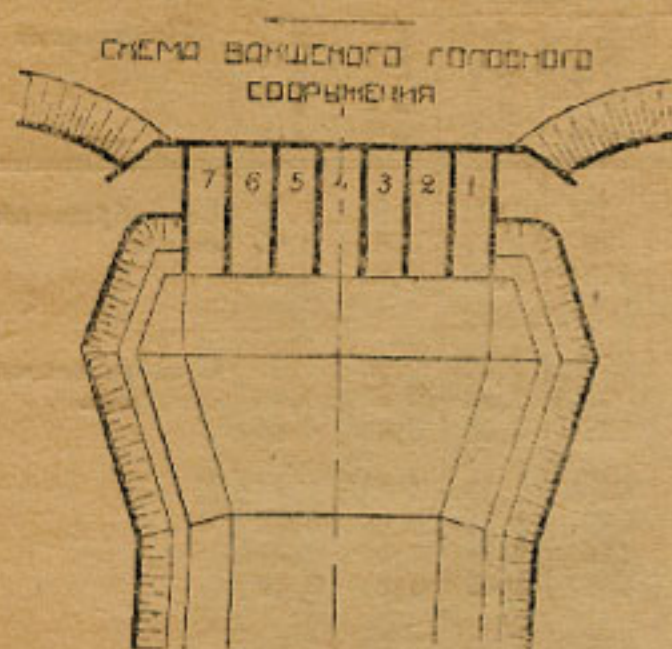


Рис. 8.

области сооружения весьма сходны с таковыми в первом положении.

Таким образом, влияние бара в данном случае таково, что бар способствует выпадению наносов и частичному занесению области ниже регулятора, а также и большому их завлечению в регулятор. Однако, здесь следует

Отложения также наблюдаются в области выше верхового крыла; фот. 5, представляющая распределение донных струй, подтверждает характер явления.

В том случае, когда бар будет снесен, скорости в русле ниже сооружения возрастут (так как горизонты снизятся), часть наносов будет проноситься в реку, и, значит, в регулятор будет завлечься меньше, как это и следовало ожидать (рис. 11—12). Но зато в этом случае имеют место отложения у верхового крыла в области водоворота, распространяющиеся и на часть пролетов сооружения.

В третьем и четвертом положениях регулятора картины отложений и характер донных струй в

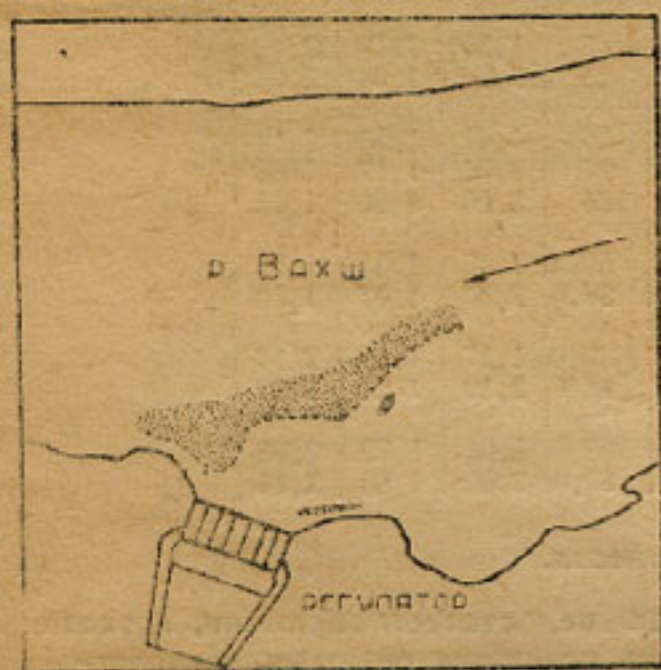


Рис. 9. Схема отложений донных наносов при наличии бара ниже поперечника № 4. Положение регулятора 1-ое
 Q реки = 100 м.³/сек., q канала = 100 м.³/сек.

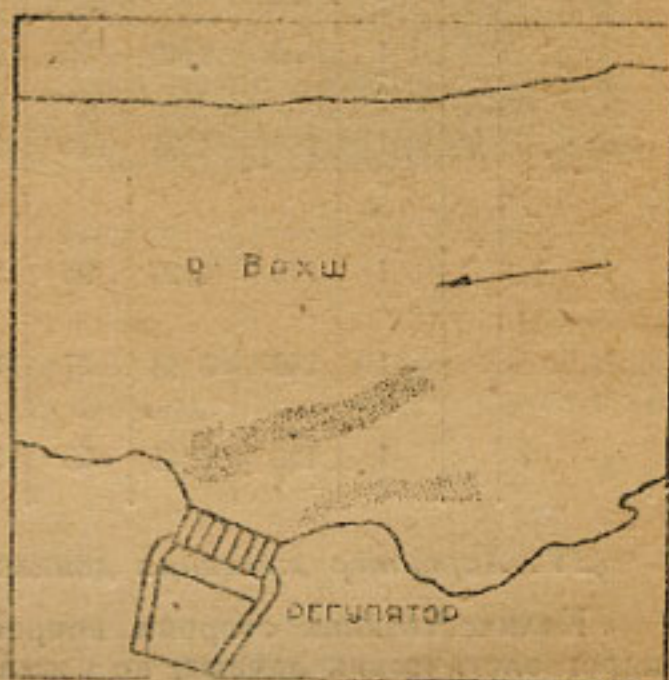


Рис. 10. Схема отложений донных наносов при наличии бара ниже поперечника № 4. Положение регулятора 1-ое
 Q реки = 200 м.³/сек., q канала = 200 м.³/сек.

отметить, что при низких горизонтах воды количество наносов будет незначительно, и то, главным образом, мелких фракций. При более высоких горизонтах будет иметься значительный поток воды в реке ниже регулятора, которым наносы будут выноситься в область бара и далее. В этом случае картина движения наносов, очевидно, будет сходна с полученной на модели при отсутствии бара.

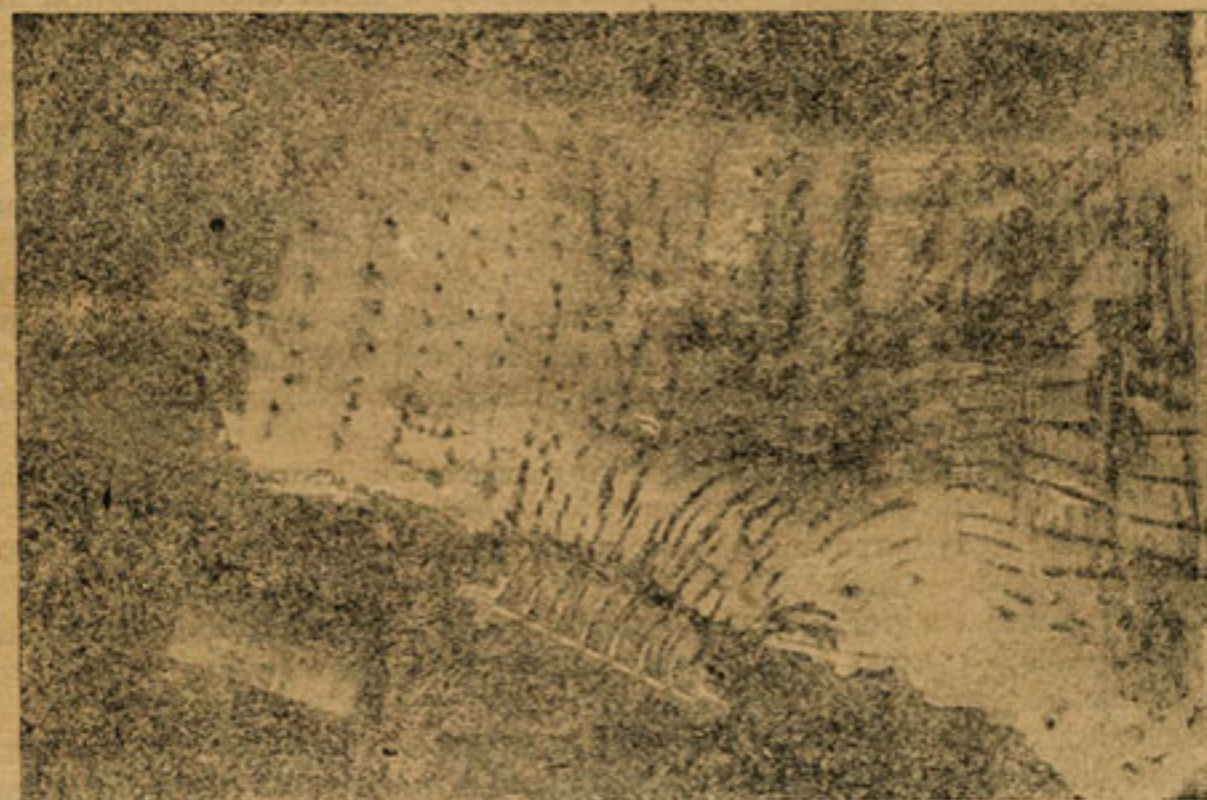
Отвод значительного количества воды все же должен отразиться на общем характере русла выше и ниже сооружения.



Рис. 11. Схема отложений донных наносов при отсутствии бара ниже поперечника № 4.
Положение регулятора 1-ое
 Q реки = $100 \text{ м}^3/\text{сек.}$, q канала = $51,5 \text{ м}^3/\text{сек.}$



Рис. 12. Схема отложений донных наносов при отсутствии бара ниже поперечника № 4.
Положение регулятора 1-ое
 Q реки = $220 \text{ м}^3/\text{сек.}$, q канала = $100 \text{ м}^3/\text{сек.}$



Фот. 5. Положение регулятора 1 с баром, Q реки = $200 \text{ м}^3/\text{сек.}$, q регул. = $200 \text{ м}^3/\text{сек.}$

Выше сооружения вследствие увеличения скорости течения (при образовании кривой спада) произойдет углубление ложа; ниже сооружения возможно ожидать некоторого повышения дна вследствие выпадения наносов при меньших, чем обычно, расходах воды. Таким образом, получится привлечение глубины русла к регулятору.

§ 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ ИНСТИТУТА

На основании всего вышеизложенного Институт водного хозяйства приходит к следующему заключению:

1. Третье положение сооружения является наиболее рациональным, как обеспечивающее: а) достаточные глубины перед входом, б) надежное влияние на подпор горизонта со стороны нижележащего бара, в) лучшую (по сравнению с положением первым) защиту от донных наносов вследствие расположения его ниже середины вогнутого кривого участка реки, г) достаточное расстояние от конца вогнутой кривой.

2. Проектные размеры регулятора достаточны для пропуска заданного расхода воды при проектно-бытовых горизонтах в реке и канале при условии подбора подходной выемки и положения сооружения в плане при сохранении проектной отметки порога (472,80 м.).

3. При естественно-бытовых уровнях в реке, обусловливаемых в значительной степени нижележащим баром со средней отметкой гребня 476,50 м., размеры регулятора велики. Учитывая возможные колебания по высоте гребня бара, достаточное число пролетов проектных размеров (по 4 м.) четыре.

4. Коэффициент бокового сжатия ϵ при расчете по формуле широкого порога может быть принят:

а) при проектно-бытовых условиях $\epsilon \leq 0,80$;

б) при естественно-бытовых условиях $\epsilon \leq 0,85$ при условии подбора подходной выемки и положения регулятора в плане.

5. При наличии бара нет необходимости в регулировочных мероприятиях по обеспечению водозабора.

На баре следует организовать наблюдение за его состоянием и, в случае обнаружения резких снижений его гребня, принять меры к поддержанию необходимой отметки его.

6. После окончательного установления размеров и места регулятора необходима разработка на модели формы подходной выемки и установления положения сооружения в плане.

§ 6. ОКОНЧАТЕЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ ПОСТАВЛЕННЫХ ВОПРОСОВ

При рассмотрении результатов исследований на заседании Техсовета ГХК от 23—24/II 1931 г. (протокол № 5/471-е) было постановлено:

1. Основываясь на данных испытаний модели русла реки и головного регулятора Вахшского магистрального канала, принять для устройства регулятора место на левом берегу р. Вахш, расположенное на третьем поперечнике съемки русла (третье положение сооружения), произведенной в апреле—мае 1930 г.

2. Ось сооружения расположить нормально к линии берега в этом месте.

3. Отверстие регулятора в свету принять проектное, равное 28 м. (7 пролетов по 4 м.).

4. Отметку порога регулятора принять заглубленной с учетом возможности сноса галечникового бара, расположенного ниже головы, в месте расширения русла р. Вахш.

5. Регулировочных работ в русле реки на первое время не намечать, но, учитывая недостаточную надежность острова, расположенного по правому берегу против местоположения головы и сложенного из галечника, предусмотреть возможность отклонения главной струи реки вследствие размыва этого острова и проработать вопрос о типе и конструкции регулировочных сооружений, каковые будет наиболее целесообразно по местным условиям применить в случае угрозы недобора воды.

Для возможности своевременного выполнения регулировочных работ обязать администрацию системы производить съемку русла реки в районе головы с захватом верховой части бара по два раза в год—перед паводком и после него.

§ 7. ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

1. Опыты с Вахшским регулятором дают новые указания к выбору места расположения головных сооружений в потоках. Влияние нижележащего бара на горизонт воды у регулятора выявилось в совершенно неожиданных размерах, позволяющих сократить пролет регулятора в свету до 50 процентов. В дальнейшем, очевидно, необходимо учитывать эти благоприятные условия и сооружения располагать в пределах подпорной кривой, создаваемой нижележащим баром или перекатом.

2. Принятые меры по борьбе с наносами, именно: оставление проектных размеров регулятора с целью закладки шандор, не вполне удовлетворительны ни с технической, ни с экономической точки зрения.

При отклонении варианта с вспомогательным криволинейным каналом, предложенного быв. Институтом водного хозяйства, указывалось на необходимость устройства в промывной части затворов для закрытия ее в меженный период, когда не имеется возможности сбрасывать воду.

Однако, увеличение размеров сооружения вдвое против потребного, с той же целью борьбы с наносами, не вызвало возражений. Сбросное же сооружение могло оказаться вполне достаточным по размерам, равным размеру одного-двух пролетов регулятора, в виду того, что перепад в сбросе должен быть значительно больше, чем в регуляторе. Достичь этот перепад представлялось возможным путем вывода сброса ниже бара. При этом головное сооружение могло быть придвинуто по возможности ближе к бару для уменьшения размеров вспомогательного криволинейного канала.

Указания на недостаток в реке расхода воды в межень также неосновательны, так как в криволинейный вспомогательный канал мог забираться весь расход реки при посредстве бара, а излишняя часть его могла сбрасываться через промывное сооружение, которым может быть поддержан и предельный горизонт воды перед сооружением. Этим оградили бы магистральный канал от мелких донных наносов, которые несомненно имеются в реке и в межень. Остаются, таким образом, не в пользу криволинейного вспомогательного канала увеличение выемки и неуверенность в надежности действия предлагаемого метода.

Если обратиться к общей экономике вопроса, то на стороне предлагаемого метода должно быть учтено обуславливаемое им сокращение работ по очистке канала от наносов, а также сокращение размеров очистительных устройств у гидростанции, каковые безусловно потребуются. Этим вполне окупятся излишние затраты по устройству криволинейного вспомогательного канала.

Действие предполагаемого устройства апробировано на Савайском регуляторе и дает основание к дальнейшему его распространению. Описание работы Савайского водозаборного устройства по результатам обследования дается отдельной статьей.

Параллельно следует отметить недостатки принятых мер по борьбе с наносами—шандорного порога при сравнительно значительной врезке сооружения в берег. Прежде всего при закладке шандор следует ожидать значительного заноса подходной выемки и возможные затруднения при подъеме шандор.

При низких и средних уровнях, когда высота шандор будет снижаться, действие их будет все ухудшаться. Без устройства специальных механизмов операции с шандорами будут затруднять эксплуатацию, и возможны случаи недостаточной закладки их в паводок. Шандоры не могут быть уложены достаточно плотно, и всегда образуют щели, чрезвычайно способствующие завлечению наносов в канал.

Так как поставленный порог выдвинут значительно вперед, то действие его не будет складываться с действием шандорного порога. При шандорах действие постоянного порога будет почти аннулировано: он будет служить лишь задержкой для крупных камней, мелкая же галька будет легко взмы-

ваться на него. Поэтому не исключена возможность, что будут моменты, когда высота шандор станет недостаточной и галька будет поступать в канал.

3. Регулятор рассчитан со значительным подтоплением его снизу.

Это обстоятельство, помимо сокращения удельного расхода (на 1 погонный метр) сооружения, обуславливает также и снижение коэффициента бокового сжатия, согласно наших опытных исследований бокового отвода. (См. Д. Я. Соколов: „Боковой отвод воды“ печатается). В результате получается значительное удорожание сооружения.

Однако, в применении подтопленного водослива с широким порогом имеются и свои достоинства. В случае необходимости повысить пропускную способность сооружения достаточно снизить отметку горизонта воды за ним в канале тем или иным способом, не производя расширения самого сооружения. Это последнее необходимо было бы производить при неподтопленном водосливе с широким порогом.

8652



Редакторы: Н. Н. Троицкий
и А. П. Казаков

Техредакторы: Ал. Сокольский
Эм. Балканский.

Сдана в производство 16 X/1-31 г.

Подписана к печати 17/IV-32 г.