

2345
Управление Водного Хозяйства
Средней Азии.

ВЕСТНИК ИРРИГАЦИИ

6-й год издания.

Апрель

1928 г.

№ 4.

ТАШКЕНТ.

ВЕСТНИК ИРРИГАЦИИ

Ежемесячный журнал
Управления Водного Хозяйства Средней Азии.

№ 4

Апрель 1928 г.

БИБЛИОТЕКА
СРЕДНЕ-АЗ. ОПЫТНО-ИССЛ.
ИНСТИТУТА ВОДН. ХОЗЯЙ.

№ 2945
г. ТАШКЕНТ.

6-й ГОД ИЗДАНИЯ



Издательский Отдел Оп.-Ис. Инст. Водн. Хоз.
г. ТАШКЕНТ.

Некоторые вопросы поливной кампании.

Практика работы органов Водного Хозяйства показывает, что их работа в помощь бедноте и маломощному средняку проводилась, главным образом, в 2-х направлениях: а) в порядке проведения земельно-водной реформы и б) введением прогрессивности обложения в водном сборе.

Кроме этого, хозяйства, освобожденные от с.-х. налога, также освобождались и от водного сбора.

Несомненно, что деятельность органов В. Х. в этой части не может быть признана удовлетворительной, ибо она велась не систематически, хотя и затрагивала важные для беднейшей части дехканства вопросы, повседневные же нужды бедноты и маломощных средняков в водопользовании и в водораспределении по прежнему остаются не разрешенными.

В чем же должна состоять конкретная сущность мероприятий— в помощи бедноте и маломощному средняку?

Натурповинность должна быть осуществлена строго по классовому признаку, т. е. не только беднейшие слои населения должны быть освобождены от несения натурповинности, но и от работ на распределительно-оросительной сети. При таких условиях бедняцкие и маломощные средняцкие хозяйства действительно получают облегчение, а вся тяжесть проведения натурповинности падает на кулацкие и зажиточные слои кишлака и аула.

Далее, органы Водного Хозяйства могут облегчить положение дехканской бедноты не только путем упорядочения дела с натурповинностью, но и с другими сторонами, соприкасающимися с деятельностью сельского хозяйства. Так, например, необходимо, чтобы при установлении очередности поливов, как правило, очередность устанавливалась с групп бедняцких и маломощных хозяйств, а также с хозяйств, преимущественно находящихся в хвостовых частях системы, где в большинстве случаев и расположены эти бедняцкие и маломощные средняцкие хозяйства, опять таки потому, что контингентом их являются те же бедняки и средняки.

В соответствии с этим следует обсудить сейчас же и принять конкретные меры к тому, чтобы уже в нынешнем году все эти пожелания были выполнены, особенно в хлопковых районах, и бедняцкое и маломощное население было своевременно обеспечено поливами, для чего каждый водный округ, связавшись с этими группами населения, а также их объединениями, коллективами и товариществами и установив сроки и нормы полива для них, принял все зависящие меры к выполнению совместно выработанного плана полива.

Недавно прошли с'езды водопользователей, которые наряду с обсуждением очередных вопросов водопользования, связанных с посевной поливной кампанией, произвели переборы мирабов.

Необходимо теперь же обратить внимание всех органов В. Х. на проведение постановлений с'ездов водопользователей в жизнь. Нужно, чтобы органы В. Х. подвели итог проведения с'ездов водопользователей, учли их конкретные предложения и приняли соответствующие меры к проведению в жизнь сделанных дехканством указаний по изживанию недочетов в своей работе.

В связи с тем, что в составе переизбранных мирабов находится значительное количество товарищей из бедняцких слоев, некоторая неопытность которых, в водно-техническом смысле, может при проведении поливной кампании поставить в затруднительное положение самого мираба и нарушить правильное проведение поливной кампании, необходимо, чтобы вновь избранные мирабы были соответствующим образом проинструктированы со стороны органов В. Х. Этому делу нужно уделить особое внимание, ибо от этого зависит не только правильное проведение посевов и обеспечение их водой, но оно имеет и политическое значение: даст возможность на деле закрепить достигнутые Советской властью и партией результаты в улучшении социального состава мирабства. В этом случае должны быть изгнаны всякий бюрократизм и формальный подход к делу.

Попутно необходимо поставить другой вопрос, связанный с тем, что до сих пор главное препятствие к правильному водораспределению исходило от самих мирабов. Правда, социальный состав большинства переизбранных ныне мирабов должен гарантировать справедливое водораспределение, однако, это не исключает необходимости, чтобы над деятельностью мирабов был установлен самый строжайший контроль и надзор и чтобы все жалобы, поступающие от населения в органы В. Х. на неправильные действия отдельных мирабов, немедленно разбирались и принимались соответствующие меры к устранению ненормальностей в работе мирабов. Всякое нарушение водопользования со стороны мирабов и случаи, если мираб злоупотребляет своим положением, предоставляя право преимущественного водопользования зажиточным слоям дехканства, должны быть строго пресекаемы. Все такие заявления не должны залеживаться, должны быть строго проверены и по отношению к тем мирабам, которые нарушают нормальное прохождение поливной кампании, приняты административные меры воздействия.

Но так как меры административного воздействия в этом отношении не могут полностью изжить ненормальности, то и со стороны массы дехканства и общественных организаций кишлака и аула должен быть также установлен и усилен общественный контроль за работой мирабов.

Надо, чтобы массы дехканства поняли, что изжить злоупотребления со стороны мирабов можно, не только подав на него заявление в органы В. Х., но и организацией своего общественного контроля над работой мираба.

Ни одно злоупотребление не должно пройти мимо общественных организаций кишлака и аула!

Только в том случае, если к этому делу будут привлечены широкие массы дехканства и общественные его организации,—только тогда удастся действительно поставить мирабов на службу Советской власти и выполнить работу в помощь бедноте и маломощному средняку.

Как это сделать?

Это нужно сделать путем: а) широкой информации населения мирабами и высшими органами В. Х. о плане поливной кампании и б) установлением норм и сроков поливов, о которых в первую очередь должны быть осведомлены сами мирабы.

Если широкие слои дехканства будут знать план проведения поливов и их нормы, то можем не сомневаться в том, что злоупотребления будут доведены до минимума.

Таким образом, нужно, чтобы органы Водного Хозяйства в своей работе по проведению поливной кампании обратили должное внимание на проведение в жизнь следующих задач, стоящих перед ними:

1) изменили практику проведения натурповинности, исходя при этом не только из количества поливаемой земли на каждое индивидуально взятое дехканское хозяйство и классового признака последнего, но и из фактической потребности в ней;

2) приняли меры к обеспечению регулярным и преимущественным поливом бедняцкие и маломощные хозяйства, а также их объединения — коллективы и товарищества, не допуская в этом деле никаких перебоев;

3) необходимо закрепить достигнутые результаты в смысле социального состава вновь избранных мирабов. Этого можно достигнуть путем технического инструктирования последних органами В. Х. и всяческой помощью в их работе;

4) поставить общественный контроль за деятельностью мирабов со стороны общественных организаций кишлака и аула, в том числе и мелькооперации;

5) не оставлять без внимания ни одного заявления на неправильную деятельность мирабов, применяя административные меры воздействия к тем из них, кто злостно нарушает интересы бедноты и маломощного среднячества.

Всеми этими мерами мы создадим твердую уверенность в массе бедняцких и маломощных средняцких хозяйств в отношении действительной помощи им со стороны органов Водного Хозяйства.

Я. Козел.

Экономические предпосылки к выбору расчетного года при проектировании ирригационных систем на примере Чумышского гидротехнического узла Чуйской долины ^{*)}.

Вопрос о выборе расчетного года при проектировании ирригационных систем полного использования источников имеет существенное значение, ибо сток источников питания—величина весьма неустойчивая и колеблется от года максимума к году минимума в широких пределах. Секундный расход реки Чу по Константиновскому посту за 1908 год равняется 112,75 с/м, а за минимальный 1918 г.—50,81 с.м., т.е. в год минимума сток составляет всего лишь 44,6% от года максимума. И если рассчитать и построить систему из расхода за минимальный год, то использование производительных сил района за период от максимума стока к минимуму будет весьма ничтожное; а если систему рассчитать по году максимального стока, то в годы с расходом воды в источнике ниже максимального, хозяйство, освоившее систему, будет страдать от недополива и в конце концов принуждено будет сократить посевные площади. Таким образом, при первом варианте мы будем иметь большое недоиспользование производительных сил орошаемого района, а при втором—хозяйство, освоившее орошенные площади, в своей производственной деятельности не будет иметь устойчивой базы. Сам собой напрашивается вопрос о среднем арифметическом годе, при котором вышеуказанные два момента до некоторой степени устраняются. Но средний арифметический год—величина не реальная, в жизни никогда не встречается, а кроме того, при больших колебаниях погодичных стоков арифметический средний год будет слишком разниться от наиболее часто встречающегося; поэтому ирригационная система, построенная из расчета стока этого года, во многих случаях не будет давать максимально возможного использования производительных сил района. Таким образом, и средний арифметический год по вышеуказанным соображениям, не говоря уже о том, что установка и выбор его лишены всяких экономических предпосылок, не может быть признан оптимальным при проектировке ирригационных систем.

^{*)} Печатается в порядке постановки вопроса. Редакция.

Настоящая работа, являясь по существу трактовкой вопроса о внутрихозяйственном накоплении, в своих конкретных исчислениях должна быть признана лишь ориентировочной, ибо для того, чтобы выводы о размерах накопления в кр. хоз. отличались большой надежностью, необходимы наблюдения над одними и теми же типичными хозяйствами не за один год, а за ряд лет. Поэтому пользоваться для практических целей сделанными нами выводами наллежит с сугубой осторожностью.

Автор.

Годы минимальных стоков по главным водным источникам Средней Азии повторяются периодически, как повторяются и засушливые годы в ю.-в. губ. Европ. СССР. Вследствие этого ирригационное хозяйство, периодически подвергаясь недороду поливных культур и трав, периодически же переживает серьезные хозяйственные потрясения. Поэтому тот год, по которому мы рассчитываем ирригационную систему, должен предварять катастрофически минимальный год настолько, чтобы хозяйство за этот благополучный период могло накопить у себя достаточно ликвидных материальных ценностей для прожития без распродажи основного капитала в следующем за маловодным полуголодным году. При таком положении поливное хозяйство орошенного района будет иметь устойчивую базу, а производственные силы—возможное максимальное использование.

Но является вопрос, возможно ли и мыслимо ли при настоящих экономических условиях накопление вообще в крестьянском хозяйстве? Ведь, крестьянское хозяйство в настоящий момент мыслимо только трудовое, т.-е. в размерах, не превышающих наличные рабочие силы семьи, без наемного труда. Размеры хозяйства, строго рассчитанные на использование своего только труда, при тех отсталых формах техники производства, какие мы имеем вообще в Средней Азии и, в частности, в Чуйской долине, не позволяют вообще иметь значительных накоплений. И действительно, по бюджетным данным 1926 года, прирост основных и оборотных капиталов к концу года в среднем на одно подвергнутое монографическому описанию хозяйство в Георгиевском и Атбашинском районах всего описано 11 европ. и 4 кор. хоз.), как видно из таблицы № 1, составлял в европейском хозяйстве всего лишь 91,71 руб., а в хозяйстве коренного населения 178,05 рублей, при чем наиболее ликвидная часть капиталов—деньги, продукты и материалы в европейском хозяйстве уменьшились на 6,0 руб., а в хозяйстве коренного населения увеличились всего лишь на 42 руб. 80 коп.

Состояние капиталов к началу и концу года в среднем на 1 хозяйство.

Таблица 1.

Характер показания	Европейское хозяйство				Коренное хозяйство			
	Основ- ные капиталы	Оборот- ные капиталы	Домашн. имущест.	Всего	Основ- ные капиталы	Оборот- ные капиталы	Домашн. имущест.	Всего
К началу года	1492,81	237,75	249,71	1980,27	1512,02	47,20	284,94	1844,16
К концу года	1538,83	231,75	280,70	2051,28	1603,73	90,0	328,48	2022,21
Прирост. . .	+46,02	-6,00	+30,99	+71,01	+91,71	+42,80	+43,54	+178,05

Таким образом, изучение действительной жизни показывает, что в результате годовой производственной деятельности в хозяйстве интересующего нас района действительно образуются некоторые накопления; правда, накопления эти по своей абсолютной величине небольшие и концентрируются в виде малоликвидных, в смысле устойчивости хозяйства, стоимостей отдельных видов основных средств производства. Мы не дали бы полной

картины характера этих накоплений, если бы не ответили на вопрос, являются ли накопления действительно излишками, которые хозяйство сберегает на черный день, или же они образуются в результате относительного понижения жизненного уровня семьи?

Таблица 2.

Категория хозяйства	Потреб. бюджет в 1925 году		Цена пуда пшеницы		Потреб. бюджет на едока по ценам 1915г.	Потребит. бюджет на едока в Европ. России в довоенн. время		
	На хозяйство	На едока	1926 г.	1915 г.		Волоколамского уезда	Старобельского уезда	Поречского уезда
Европейское . . .	726,98	189,64	1 р. 60 к	0,60	71,02	100,1	87,3	82,5
Коренное . . .	729,92	168,76		—	61,14			

Потребительский бюджет семьи в исчислении на полного едока составляет, как видно из таблицы № 2, в европейском хозяйстве 189 руб. 64 коп. и в коренном 168 руб. 76 коп., при рыночной конъюнктуре, когда средняя годовая цена на пшеницу была 1 р. 60 к. Если стоимость потребительского бюджета едока в 1926 г. перевести по пшеничному индексу 1915 г., когда пуд пшеницы в этих же районах стоил 60 к., то высота его определится для европейского хозяйства в 71 р. 02к., а для хозяйства коренного населения в 61 р. 14 к. Сопоставляя потребительский бюджет едока нашего района с высотой потребительского бюджета едока в довоенное время в Волоколамском, Старобельском и Поречском уездах европейской части Союза (см. таблиц. № 2) и допуская, что потребительские уровни обоих этих типов х.-в были одинаковы, видим, что те небольшие накопления, которые нами установлены в существующем хозяйстве, являются не целиком свободными излишками, а в значительной степени образуются, благодаря относительному понижению жизненного уровня семьи.

В каких же социальных слоях деревни в настоящий момент наиболее вероятны накопления? Общая политика и налоговая система Советской власти в деревне направлены к нейтрализации зажиточного слоя и к подтягиванию к средняцкому слою бедняков. Данные таблицы № 3, как нельзя лучше, подтверждают результаты этой политики. В самом деле, тогда как в 1912 году в селении Благовещенском беспосевных хозяйств было 9,4%, в 1926 году их стало только 0,4%, а в Васильевке при 1,0% в 1912 году, в 1926 году их совершенно не было. Что касается Георгиевского поселка, то увеличение числа беспосевных в 1926 году, по сравнению с 1912 годом, объясняется тем обстоятельством, что в нем в 1926 г. были сосредоточены хозяйства ликвидированного Богословского поселка, и к моменту обследования они еще не были землеустроены, так что это повышение явление совершенно случайное. Таким образом, пролетарский беспосевный слой деревни в изучаемом нами районе почти совершенно исчез. Что же касается зажиточного слоя, то он совершенно не исчез, но сильно уменьшился. В 1912 г. в группе св. 10,0 десятин было в Георг. пос. 45,4% всех наличных хоз., в Благовещ.—30,2% и в Васильевке 5,1%; в 1926 году в

этой группе осталось в первом поселке 4,2%, во втором 2,6% и в третьем их совершенно не осталось. Средняцкие же группы, как показывает

Распределение хозяйства по посевным группам

Таблица 3.

Посевные группы	Георгиевка		Благовещ.		Васильевка		Итого		Коренн. хозяйство		
	1912	1926	1912	1926	1912	1926	1912	1926	Посевные группы	1912	1926
Беспосев.	7,3	8,9	9,4	0,4	1,0	—	6,7	5,2	Беспос.	40,3	1,4
0,01 3,0	8,6	40,8	17,5	61,7	30,6	73,1	15,8	52,1	0,1—1,0	24,5	57,4
3,0 5,0	16,4	21,9	13,4	23,8	30,6	17,9	18,3	21,5	1,0—2,0	21,5	33,2
5,0 10,0	22,3	24,2	29,5	11,5	32,7	9,0	26,7	18,3	2,0—3,0	8,8	5,1
10,0 15,0	13,3		18,1		5,10	—	13,2		3,0 5,0	4,1	2,9
15,0 25,0	18,0		7,4		—	—	11,0		5,0—9,0	0,7	0,0
25,0 50,0	13,3	4,2	4,0	2,6	—	—	7,7	2,9	9,0—14,0	0,1	0,0
50,0 100,0	0,4		0,7		—	—	0,4		св. 14,0	0,1	0,0
св. 100	0,4		—		—	—	0,2				
Итого	100,0	100,0	100,0	—	100,0	100,0	100,0	100,0		100,0	100,0

та-же таблица, сильно возрасли. Совершенно аналогичная картина в направлении социальных процессов наблюдается¹⁾ и в хозяйстве коренного населения — беспосевная группа уменьшилась с 40,3%—1,4%, совершенно исчезли многопосевные группы, а среднепосевные сильно возрасли. Таким образом, направление происходящих в деревне социальных процессов ясно говорит о том, что в зажиточном слое в настоящий момент происходит сворачивание производства, а, следовательно, этот слой в массе постепенно беднеет и потому накопления в нем маловероятны; в маломощном же бедняцком слое они тоже невозможны, ибо здесь происходит развертывание производства, и все излишки уходят на оборудование и улучшение предприятия и, следовательно, единственным слоем в деревне, где возможны накопления, являются середняки. Гысказанное положение подтверждается бюджетным материалом нашего обследования. Из данных табл. № 4 видно, что основные капиталы у бедняков европейской части района к концу года увеличились на 108 р. 62 к., увеличилось и домашнее имущество на 43 р. 70 к., сбережения же в деньгах и продуктах уменьшились на 175 руб. 73 коп. Если проследить изменения отдельных видов основных капиталов, то оказывается, что к началу года сада не было, а к концу года заложен садик на 18 р. 52 к., увеличились постройки как жилые, так и хозяйственные, на 29 р. 48 к.,

¹⁾ Для определения направления социальных процессов в хозяйстве коренного населения правильнее было бы дать группировку по скоту, но так как принципы группировки по этому признаку старых материалов и наших не совпадают, то пришлось ограничиться группировкой по посеву. Но и она дает наглядное представление о сущности происходящих процессов, ибо увеличение хоз. с посевами знаменует собою уменьшение многоскотных хозяйств.

Состояние капиталов к началу и концу года по социальным группам в европейских хозяйствах.

Таблица 4.

Социальные группы	Характер похозяйства	О с н о в н ы е к а п и т а л ы					И т о г о	Домашнее имущество	Деньги, продукты и материалы	В с е г о
		Садовые и лесные насаждения	Постройки	Инвентарь	Рабочий скот	Продуктивный скот				
Бедняки	К началу года.	—	56,63	70,36	98,0	133,3	358,29	228,92	257,67	844,88
	К концу года.	18,52	150,95	99,84	108,0	89,6	466,91	272,50	81,94	821,35
	Прирост	+ 18,52	+ 94,32	+ 29,48	+ 10,0	— 43,70	+ 108,62	+ 43,58	— 175,73	— 23,53
Средняки	К началу года.	342,02	189,92	106,05	156,66	151,58	946,23	187,42	125,70	1259,35
	К концу года.	374,59	197,47	115,03	133,33	159,64	980,06	214,50	156,82	1351,38
	Прирост	+ 32,57	+ 7,55	+ 8,98	— 23,33	+ 8,06	+ 33,83	+ 27,08	+ 31,12	+ 92,03
Зажиточные	К началу года.	1002,42	334,57	277,67	295,0	382,95	2312,61	343,16	405,77	3061,54
	К концу года.	1027,34	387,26	305,05	278,75	378,75	2377,15	380,0	344,14	3101,29
	Прирост	+ 24,92	+ 52,69	+ 7,38	16,25	— 4,20	+ 64,54	+ 36,84	61,63	+ 39,75

увеличился инвентарь как земледельческий, так и транспортный; рабочий скот тоже дал увеличение стоимости; продуктивный же скот, исключительно в молодняке и в свиньях, уменьшился на 43 руб. 70 коп. Таким образом, сбережения, заложенные в свиньях, молодняке продуктивного скота, в продуктах и деньгах, употребляются бедняками на расширение построек, на увеличение орудий обработки и транспорта и на заведение сада, что определенно указывает на расширение производства. Что это действительно так, подтверждается тем обстоятельством, что в прошлом году к началу бюджетного года было вложено в озимые труда и семян на 25 руб. 87 коп., в бюджетном же году на следующий год в это дело вложено уже 69 руб. 46 коп. Если допустить, что развитие бедняцкого хозяйства и впредь пойдет этим же темпом, а иначе оно ити и не может, то для того, чтобы ему подравняться с средняцким, понадобится около 2-х лет, при чем по инвентарю и постройкам оно выравнивается в один год и еще 1 год понадобится для подтягивания раб. скота. Совершенно иную картину представляет движение капиталов у зажиточных. Капиталы, заложенные в рабочем и продуктивном скоте, уменьшились на 20 руб. 45 коп., мертвый же инвентарь увеличился на 7 руб. 38 коп., при этом увеличение произошло в мелком домашнем инвентаре, т. к. производственный земледельческий инвентарь уменьшился на 11 руб. 22 коп. Стоимость построек увеличилась на 52 руб. 69 коп. Таким образом, здесь мы имеем не расширение производства, а стремление к сохранению прежнего потребительского уровня, т. к. размеры производства все же снижаются. Что это так, говорит и тот факт, что вложения труда и семян на следующий за бюджетным год сократились по сравнению с годом, предшествующим бюджетному, на 38 руб. 10 коп. Таким образом, зажиточная группа неуклонно снижается по размерам своей производственной деятельности к средняцкому слою.

Каково же состояние производственных ресурсов у средняцкого слоя деревни? Данные той же таблицы № 4 показывают, что у этого слоя улучшаются хозяйственные постройки, капитально ремонтируется земледельческий и транспортный инвентарь, улучшается продуктивный скот, накапливаются сравнительные избытки в домашнем имуществе и в продуктах; единственно несколько уменьшается стоимость рабочего скота, но этот последний факт несколько не знаменует собою уменьшения обеспечения хозяйства тяговой силой, ибо это снижение стоимости произошло *не от ликвидации рабочего скота, а от замены одного вида другим*, — из шести хозяйств одно хозяйство продало лошадь за 150 руб. и купило пару волов за 120 рублей.

Таким образом, средняцкое хозяйство, не расширяя производства, лишь улучшает его и в небольших размерах накапливает материальные ценности про черный день.

Такова картина социально-экономических процессов, происходящих в европейской части изучаемого района. Несколько иная картина этих процессов в коренной части. Если в общей массе, как видно было из табл. № 3, расслоение аула идет в том же направлении, что и деревни, то глубина и темп этого расслоения совершенно другие. Хозяйство коренного населения Георгиевского и Атбашинского районов, как и вообще всей Чуйской долины, в общей массе, благодаря слабому развитию орошения, носит еще скотоводческо-земледельческий характер и по существу своего производства отличается большой подвижностью, каковая является одним из существенных моментов, ослабляющих влияние воздействия государства на его хозяйственную деятельность. Поэтому

Состояние капиталов к началу и концу года по социальн. группам в корен. хоз-вах.

Таблица 5.

Социальные группы	Характер показания	Основные капиталы					Домашнее имущество	Денги и продукты	Всего
		Постройки	Инвентарь	Рабочий скот	Продукт. скот	Итого			
Бедняки:	К началу года	72,46	3,75	100,0	128,50	304,71	155,00	43,82	503,53
	К концу года	72,99	8,48	100,0	63,75	245,22	135,00	43,22	423,44
	Прирост	20,53	+4,73	0,0	-64,75	59,49	-20,00	-0,60	80,09
Средня-ки:	К началу года	124,94	26,28	175,0	847,50	1173,72	322,20	56,36	1552,28
	К концу года	74,70	30,81	175,0	938,00	1218,51	310,00	84,09	1612,60
	Прирост	50,24	+4,53	0,0	+90,50	+44,79	-12,20	+27,73	60,32
Зажиточ-ные:	К началу года	199,91	64,05	330,0	2802,00	3395,96	340,35	32,25	3768,56
	К концу года	165,96	93,73	280,0	3193,00	3732,69	558,93	148,62	4440,24
	Прирост	-33,95	+29,68	-50,0	+391,00	+336,73	+218,58	+116,37	+671,68

в этой категории хозяйств и до настоящего времени наблюдается, как видно из табл. № 5, весьма ничтожная ущемленность зажиточного слоя аула, и, наоборот, совершенная заброшенность бедняцкого слоя. Бедняк, имея одну лошадь с седлом, старый урак и около гектара посевов проса и пшеницы, естественно, проживает в течение года часть продуктивного скота и домашнего имущества. Денежные и продуктовые запасы у него были и остаются минимальные с расчетом только дотянуть до нового урожая, в то время, как основные и оборотные средства зажиточного за бюджетный год увеличились на 671 руб. 68 коп. Правда, стоимость построек и рабочего скота у зажиточных несколько уменьшилась, но зато имеются большие накопления в продуктивном скоте, в домашнем имуществе, в продуктах и деньгах, да и инвентарь пополнен. Накопления в средняцком слое, будучи по своей абсолютной величине ниже таковых у средняков-европейцев, по своему характеру почти аналогичны с ними.

Так как после орошения районов и с переходом населения твердо к земледельческому промыслу и размеры производства, и темп, и характер социальных процессов и в этой части районов безусловно будут аналогичными с таковыми европейского хозяйства, то все дальнейшие исчисления мы будем производить на основании данных по европейскому хозяйству.

Выше, при анализе состояния основных и оборотных капиталов социальных групп европейского населения, было установлено, что при современных условиях накопление материальных ценностей, как массовое явление, возможно и действительно имеется только в средняцком слое деревни. Размеры этих накоплений, как видно из табл. № 4, в изучаемом районе в среднем на одно средняцкое хозяйство равняются 92 руб. 03 коп. Но не вся эта сумма в тяжелую минуту может быть использована хозяйством на поддержание на определенной высоте своего потребительского бюджета, ибо значительная доля их концентрируется в виде малоликвидных материальных ценностей, каковыми являются, например, фруктовые насаждения и постройки. Другие же, как, например, рабочий скот и сельско-хозяйственные орудия, легко могут быть реализованы, но так как они являются основным средством производства крестьянского хозяйства, то реализация их разрушает само производство и, следовательно, они для этой цели могут быть использованы хозяйством в самый критический момент. Единственными видами накопления, могущими быть легко и безболезненно для хозяйства реализованными, являются накопления в продуктивном скоте, в домашнем имуществе, в деньгах и продуктах. Размеры этих видов накоплений, как видно из таблицы № 4, в средняцком хозяйстве равняются (8 р. 06 к. + 27 р. 8 к. + 31 р. 12 к.) = 66 руб. 20 к. Вот та сумма ежегодных накоплений средняцкого хозяйства, которая безболезненно для производства может быть использована семьей на поддержание своего существования в маловодный год, когда валовые поступления хозяйства сильно сокращаются. Сколько же понадобится семье средств для того, чтобы просуществовать в засушливый год? Выше указывалось, что сток реки Чу у Константиновского моста в катастрофический год составляет 44,6% от стока в наиболее многоводный год. Следовательно, если бы даже системы Чумышского узла, где предполагается забрать всю воду реки, были рассчитаны по наиболее многоводному году, то в катастрофический год мы имели бы сокращение посевной площади, а следовательно, и доходности земледельческого хозяйства на 55,4%. И в этот год у хозяйства не только не было бы никаких сбережений, но семье на полгода не хватило бы

даже продовольствия, и для того, чтобы она могла просуществовать без распродажи инвентаря и рабочего скота до следующего благополучного года, в хозяйстве должно иметься накопленных легколиквидных материальных ценностей на сумму, равную полугодовому потребительскому бюджету, размер которого (без $\frac{1}{10}$ на капитал в домашнем имуществе и без трудовых затрат) по изучаемому району равняется 631 руб. 61 коп., а полугодовой, следовательно, будет составлять 315 руб. 80 коп.

Ежегодные накопления средняцкого хозяйства, как выше исчислено, составляют сумму 66 руб. 26 коп. Следовательно, для того, чтобы накопить сумму, равную полугодовому потребительскому бюджету семьи, ему понадобится 4,8—5 полных сельско-хозяйственных лет. Бедняцкому же хозяйству для накопления этой суммы при всех благоприятных условиях понадобится 7 лет, ибо, как выше исчислено, два года ему нужно для подтягивания к уровню средняцкого.

Обращаясь к современному социальному составу хозяйств нашего района, видим, что из 3627 живущих сейчас в районе хозяйств бедняков имеется 1802 хоз. и средняков 1137 хоз. По окончании строительных работ по орошению района будет вселено новых 5626 хозяйств. Принимая во внимание, что у Чумыша мы из реки забираем всю воду и что, следовательно, для орошения районов «Д» и «Е» останется только сбросовая и выклинивающаяся в районах Георгиевском и Атбашинском грунтовая вода, которой едва хватит для орошения небольшой части этих районов, прилегающих к железной дороге, все хозяйства, которые по состоянию своих стад не в состоянии будут вести скотоводческое хозяйство, а таковыми являются бедняки, должны будут переселиться на вновь орошенные земли Георгиевского и Атбашинского районов. Следовательно, все вновь поселенные 5626 хозяйств будут тоже бедняцкими. Таким образом, по окончании заселения районов в составе хозяйств будет иметься 7428 хоз. бедняцких и 1131 хоз. средняцкое. Бедняцким хозяйствам для того, чтобы иметь легколиквидные накопления в размере полугодового потребительского бюджета, понадобится, как выше указывалось, 7 лет (мы считаем, что вновь поселенное хоз., получив ссуду по мощности, не уступит живущему уже здесь бедняцкому хоз-ву), а средняцким—5 лет, а в среднем—6—7 лет, или 7 полных сельско-хозяйственных лет. Такой срок понадобится для накопления при современной чистой доходности хозяйства в 372 руб., доходность же запроектированного хозяйства увеличивается на 260 руб., вследствие этого срок накопления в размерах современного полугодового потребительского бюджета сократится до 4-х лет. Отсюда по нашей основной установке расчетный год для ирригационных систем Чумышского узла должен предварять маловодный 1918 год на 4 года, а это будет 1913 год со средним годовым расходом у Константиновского моста в 65,98 сек/метра; 1913 же год в периоде от года с максимальным стоком (1908) в 112,75 к. м. до года минимума (1918) в 50,81 куб. м. секундного тока является медианным годом. Секундный ток р. Чу у Константиновского моста за этот год лишь на 2,61 к. метр. меньше среднего секундного расхода по этому же посту за арифметический средний год за период 1908—1926 год.

В. Н. Гончаров.

Методы гидрометрических работ исследований устьев реки Кубани в 1925—26 г.г.

Предисловие.

Восстановление гидрометрических работ, весьма быстро протекавшее в последние годы, проходило под знаком тщательного пересмотра всей постановки дела гидрометрических исследований, начиная с технических приемов работ, кончая организацией руководящих органов.

Особо важное значение при этом получили: разработка научных основ гидрометрии, повышение точности гидрометрических работ вместе с расширением основных задач их и требованиями ко всей этой отрасли исследований большей практической ответственности.

Эти требования в настоящее время диктуются всей сложностью и ответственностью разрешения предстоящих водно-хозяйственных задач.

Другая, не менее важная задача гидрометрии заключается в возможном удешевлении стоимости исследований. Все эти задачи для своего рационального разрешения требуют широкого развития методологических работ.

Весьма плодотворные и ценные в этом направлении научные работы проф. В. Г. Глушкова в Туркестане были прерваны войной еще в периоде развития их и не получили намеченного должного развития.

Опасения научного провинциализма и кустарничества привели Бюро исследований Ц.У.В.В.П. в 1914 году к необходимости выпустить инструкцию, стандартизовавшую методы и способы производства гидрометрических работ; инструкцию, далеко не обнимавшую даже главнейших видов гидрометрических работ и неудовлетворительную в части даже и трактованных вопросов. Эта инструкция сыграла свою полезную роль в отношении указанных выше обстоятельств; но последовавшее ее широкое применение вслед затем уже сыграло и отрицательную роль в том смысле, что она, установлением незыблемых твердых правил, задержала дальнейшее улучшение методов и способов гидрометрических работ.

Современное состояние гидрометрических работ уже переросло состояние и рамки, намеченные инструкцией, и совершенно отчетливо выявило необходимость ее пересмотра.

Необходимы новые инструкции, более совершенные, полные и дифференцированные, так как в настоящее время вновь возрождаются те же обстоятельства, которые вызвали необходимость издания первоначальных инструкций.

Пересмотр их — дело очень ответственное, и он должен идти путем широкого развития методологических работ и опубликования их результатов.

В настоящей статье мы излагаем часть материалов по вопросу о методах гидрометрических работ, полученных в работах руководимой

мною партии по исследованию и составлению проекта улучшения судоходных условий устьев р. Кубани в 1925—26 г.г., входившей в состав управления работ по исследованию рек Нижнего Дона и Кубани НКПС.

Работы эти были проведены мною при ближайшем участии сотрудников партии Н. И. Быдина и М. К. Пастрюлина и содействии и помощи руководителей Управления работ, инженеров М. М. Гришина и В. Д. Кондрашева.

Мы считали бы цель опубликования настоящей статьи достигнутой, если вслед за ней появились бы в печати результаты методологических работ, проведенных по более широкой программе и с более ценными результатами.

I. Состав работ.

Методологические работы, произведенные при гидрометрических работах 1925—26 года, имели целью:

1) Изучение точности ранее разработанных приемов и способов гидрометрических работ, применявшихся в работах по исследованию реки Кубани.

2) Обследование влияния на точность допущенных в работах, по местным условиям, отступлений в приемах гидрометрических работ.

3) Переработку и улучшение ранее разработанных приемов и способов учета гидрологических элементов в речных исследованиях применительно к местным условиям.

4) Разработку новых приемов, приборов и способов изучения гидрологических элементов, методы наблюдений которых не были разработаны.

В соответствии с конкретными задачами производившихся в исследованиях р. Кубани гидрометрических работ, предметом методологических изысканий явились вопросы: 1) учета водного стока, 2) учета взвешенных наносов, 3) учета донных наносов, 4) исследований перекатов.

A. Вопросы методики определения расходов вертушкой.

По конкретной необходимости пришлось остановиться на вопросе о точности измерений расходов при возможных сокращениях времени на их производство.

С этой целью вопрос был подвергнут рассмотрению в двух плоскостях.

С одной стороны, этот вопрос в местных условиях был обследован со стороны главного фактора накоплений ошибок в определении средней скорости в точке,—от пульсации в потоке; и с другой,—для проверки правильности первого подхода, со стороны влияния явления пульсации,—при уменьшенных, против нормальных, продолжительностях наблюдений скоростей в отдельных точках, на конечные величины расхода.

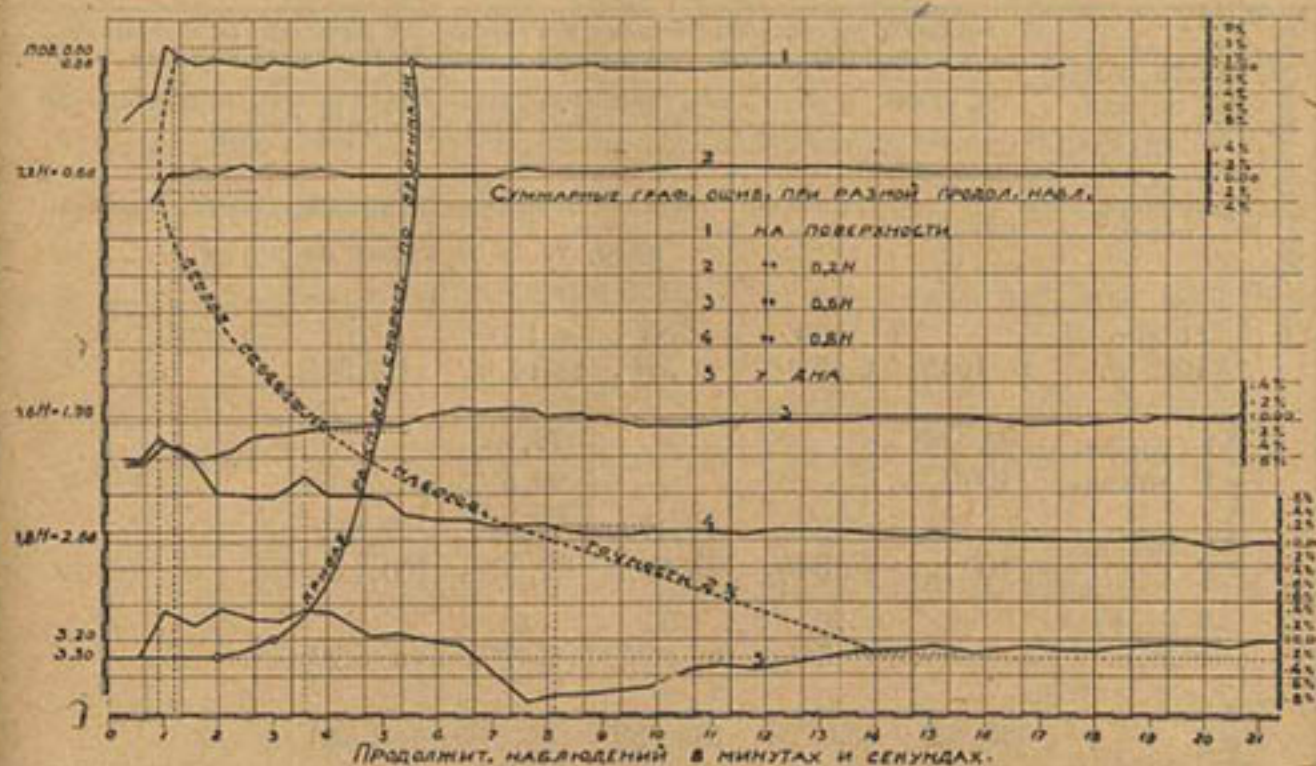
Кроме этого, был также обследован вопрос о возможности для данного случая уменьшения числа вертикалей.

1. Пульсация скорости. Влияние пульсации на определение скоростей в данных точках было обследовано на створе р. Кубани на одной вертикали.

При вертушке, дающей контакт через 25 оборотов, в каждой точке вертикали «засекалось» время. По этим данным определялись затем скорости за время каждых 25-ти оборотов.

На основании этих данных исчислялись ошибки в определении средней скорости за отдельные промежутки времени,—от начала наблюдения по отношению к средней скорости за весь период. Результаты этих наблюдений и служат обычно для определения продолжительности наблюдений для получения ошибки в каждой точке не свыше 2%. Данные этих наблюдений помещены на чертеже № 1.

Распредел. пульсации по верт. из створа р. Кубани 8 октября 1925 г.



Черт. № 1.

Из рассмотрения этого графика следует, что для получения ошибок не свыше 2%, необходимая продолжительность наблюдений в точках должна быть: а) на поверхности 1 м. 15 сек., б) на 0,2 Н — 1 м. 56 сек., в) на 0,6 Н — 3 м. 35 сек., г) на 0,8 Н — 8 м. 8 сек. и у дна 13 м. 20 сек.

Полученные цифры в общем сходны с указываемыми инструкциями и рядом авторов.

2. Влияние пульсации скоростей на точность измерений средних скоростей и расходов. При вышеприведенном выводе автоматически предполагается, что при измерении расхода отклонения скоростей во всех точках одного знака, т. е. не компенсируются. Однако, этого главного положения до сего времени еще никто не только не доказал, но и не дал убедительных примеров его неизбежности.

Для указанной задачи в Переволоцком узле были замерены расходы, с определением скоростей в каждой точке вертикали:

а) по времени 250, 200, 100, 50 и 25 оборотов вертушки на створе реки Кубани—9-го марта 1926 года, б) по времени 1000, 800, 400, 200, 100, 50 и 25 оборотов на створе реки Кубани—23 марта 1926 г. и в) по времени 400, 200, 100, 50 оборотов на створе Казачьего ерика—11 апреля 1925 года. Во всех замерах произведено 450 определений скоростей в 90 точках—17 вертикалей.

На основании этих наблюдений были исчислены затем расходы воды каждого измерения за каждую продолжительность.

При этом всю обработку расходов произвели двумя способами (для исключения возможных случайных и индивидуальных ошибок) — графомеханическим, при котором средние скорости на вертикали и также площадь расхода определялись планиметром, и аналитическим, где средние скорости по вертикали определялись по пяти или шести-членной формуле (при определении одного расхода скорости определялись в шести точках) и площадь элементарных расходов подсчитывалась также аналитически. Следует отметить, что аналитический способ исключает совершенно возможность индивидуальных ошибок.

Результаты всех этих подсчетов изложены в таблице 1. *Таблица 1.*

№№ по порядку	Место и дата определения расхода и способ подсчета	Величины расходов, подсчитанных при определении скоростей по вертикалям и в точках по продолжительности разного числа оборотов вертушки.						
		% ошибки в отношении к расходу, определенному при нормальной, требуемой инструкции, продолжительности наблюдений в точках.						
		Нормал. расход кб. м/с.	Расходы по наблюдениям за время меньше нормального, т. е. за время оборотов.					
1	11 апр. 1925 г.	$t=100\%$	400 $t=58\%$	200 $t=29\%$	100 $t=14,5\%$	50 $t=7,3\%$		
Кавказский с/р-т	графо-механ.	80,324 100%	—	—	79,923 99,5%	—		
	аналит.	79,594 100%	79,066 99,34%	79,179 99,48%	79,448 99,82%	79,691 100,12%		
2	9 марта 1926 г.	$t=100\%$	200 $t=36\%$	100 $t=18\%$	50 $t=9\%$	25 $t=4,5\%$		
р. Кубань	аналит.	133,635 100%	133,703 99,90%	134,538 100,68%	134,899 100,95%	132,860 99,42%		
р. Кубань	23 марта 1926 г.	—	800 $t=90\%$	400 $t=45\%$	200 $t=22,5\%$	100 $t=11\%$	50 $t=5,5\%$	25 $t=2,8\%$
	аналит.	226,008 100%	225,692 99,86%	226,175 100,07%	226,745 100,33%	224,019 99,12%	223,804 99,02%	219,344 97,04%

Посмотрим далее, каковы были колебания средних скоростей по вертикали при уменьшенных продолжительностях наблюдений в каждой точке.

Ниже в таблице № 2 приведены величины средних скоростей по вертикали, по данным измерения 11-го апреля 1925 года. *Таблица 2.*

№№ вертик.	Аналитический подсчет средней скорости при оборотах:					Графо-механический способ	
	675	400	200	100	50	675 об.	100
1	0,485	0,489	0,484	0,478	0,481	0,478	0,463
2	0,510	0,502	0,508	0,505	0,515	0,497	0,490
3	0,549	0,546	0,539	0,540	0,529	0,533	0,524
4	0,522	0,520	0,521	0,527	0,529	0,509	0,504
5	0,418	0,413	0,421	0,432	0,439	0,404	0,417
С у м м а	2,484	2,470	2,473	2,482	2,493	2,421	2,398
%	100	99,44	99,56	99,92	100,36	100	99,05

3. *Влияние числа вертикалей на точность определения расходов.* Обратимся далее к рассмотрению еще одного важного, с точки зрения возможных экономий времени в работах по измерению расходов, вопроса, а именно, к вопросу о влиянии на точность числа измеренных вертикалей. Обследования этого вопроса состояли в том, что при замерах расхода на створе реки Кубани 7-го октября, 29-го октября и 10-го ноября 1925 года, измерения были произведены соответственно по 11 и 14 вертикалям.

Затем эти расходы были подсчитаны аналитическим и графо-механическим способами по полному количеству вертикалей и неполному. При относительно правильной форме русла, аналитический способ подсчета давал преуменьшенные величины.

Результаты этих подсчетов даны в нижеследующей таблице.

Таблица 3.

Д а т а.	Расходы кб. м/сек. подсчитанные				
	Графо-механическ. способом			Аналитич. способом	
	при числе вертикалей			11	5
	11	7	5		
7 окт. 1925 г.	91,073 100%	93,303 102,45%	89,200 97,94%	90,279	
29 окт. 25 г.	166,090 100%	—	163,090 98,5%	160,583 96,7%	
10 нояб. 25 г.	14 вер. 99,326 100%	—	—	14 вер. 95,239 96%	5,289 96%

4. *Выводы.* В анализе всех приведенных данных можно прийти к следующим заключениям для данного случая:

1) В стремлении к уменьшению погрешностей меньше 2%, в определении средней местной скорости в отдельных точках вертикалей, нормы инструкции подтвердились и нашими наблюдениями.

2) Но, однако, практически, вследствие того, что ошибки в определении средних местных скоростей от пульсации не одного знака, а разных и взаимно компенсируют друг друга, средняя ошибка в подсчете средних скоростей:

а) одной вертикали (при допустимой ошибке в отдельных точках до 2%) равна при 100% норм. времени около 1%, при 58% норм. времени — до 1,5%, при 29% — норм. продолжительности до 2%, при 14% норм. продолжительности — до 3,3% и при 7% норм. продолжит. до 5% и б) всех вертикалей одного замера, выражается в размерах меньших 1%, для всех вышеприведенных продолжительностей наблюдений.

3) Сказанное выше уже приводит к выводу общего значения о возможности уменьшения продолжительности наблюдений в отдельных точках, на основании предварительного тщательного изучения створа измерений.

4) Произведенные пробы определений расходов по различному числу вертикалей показали, что увеличение расстояний между вертикалями с 0,07 ширины створа до 0,2, разница в подсчетах величины расходов не превышает 2%, т. е. в пределах существующих требований точности.

Б. Батометр системы проф. В. Г. Глушкова, как прибор для измерения скоростей.

В качестве прибора для измерения расходов, в случае, когда оно было целью второстепенной, как-то: при взятии детальных или суммарных проб мутности, применялся также батометр системы профессора В. Г. Глушкова.

То обстоятельство, что тарировочная его кривая представляет собой в части средних и больших скоростей прямую линию, делает его особенно удобным для наиболее быстрых определений расходов интегральным способом.

Этот весьма компактный и весьма удобный прибор, к сожалению, в том виде, в каком он существует, обладает некоторыми недостатками, сильно понижающими его точность и степень доверия к результатам работы его.

1. Одним из его недостатков является свойство усталости его камер. Вредное влияние его может быть уменьшено сравнительно простыми мерами, как постоянное содержание батометра в воде, однако, все-же камеры и при этом устают.

Ниже мы приводим тарировки одного батометра № 83 в разное время при одной и той-же камере, не подвергавшейся за это время исправлениям.

Батометр № 83—трубка большого наполнения.

2—IX—25 г. $V = 0,135 + 0,0393 q$

26—X—25 г. $V = 0,141 + 0,0428 q$

Т. е. у батометра № 83 при скорости, хотя-бы 0,7 м/сек., поступающий расход в батометр уменьшается за это время почти на 8%. Весьма вероятно, что часть этих изменений должна быть отнесена за счет погрешностей в тарировках, производившихся в полевых условиях.

По опыту сравнения тарировок, производившихся в опытных бассейнах и в поле, точность тарировок в поле была меньшей на 2—3%.

2. Второй недостаток его состоит в том, что при измерении скоростей батометром продолжительностью наблюдений в отдельных точках, можно варьировать лишь в очень небольших пределах, так как для избежаний случайных ошибок, наименьший объем пробы следует брать около 700 куб. сант. (для разных №№ камер эти величины разные) и наибольший — не свыше 1.500 куб. сант.

Применением трубки малого (в два раза меньшего) диаметра можно увеличить время продолжительности наблюдений, но с риском увеличить возможность случайных ошибок. Наивысшим пределом наполнения батометра следует считать 1.500 куб. см. для обычных размеров камер. Этот предел характеризуется нижеследующим: при наполнениях камер от 0 куб. см. до 1.500 куб. см. имеющиеся сопротивления: сопротивления входа в трубку и сопротивления разворачиванию камеры, можно считать величинами постоянными, допуская при этом среднюю ошибку около 5%. Но с момента наполнения свыше 1.500 куб. см. уже начинается работа камер на растяжение и тогда это непрерывно увеличивающееся сопротивление становится настолько большим, что прямолинейная зависимость между скоростью потока и объемом наполнения нарушается, т. е. тарировочные коэффициенты изменяются.

Для иллюстрации сего приводятся нижеследующие опытные данные, произведенные с батометром № 83.

Таблица 4.

Общий объем наполнения батометра куб. см.	Объем наполнения в куб. см. в 1 сек.	Градиент наполнения в куб. см.	Примечание
370 570 810 1.080 1.200 1.600	14,80 14,00 13,70 14,00 13,00 13,15	Средний на 100 куб. см. 0,134	Измерения производились в одной точке потока у поверхности. При этом неизбежно сказывалась на результатах наблюдений пульсация потока, давая отклонения до 5%.
1.960 2.090	12,40 11,50	0,69	
2.250 2.340	10,60 9,00	1,78	

3. Третьим его недостатком является непостоянство картины нарушений режима потока в месте его установки. Это происходит вследствие того, что камера батометра при установке не остается в каком-либо постоянном положении относительно направления течения, а непрерывно колеблется в вихрях самого потока и образованных батометром и штангой его; при этом весьма часты, особенно в начале наполнения его, как показал опыт, заворачивания его и прикрывание горловины входа камеры, мешающее поступлению в нее воды.

Кроме того, при измерении батометром значительно увеличивается возможность закупорки плывущими в воде предметами, наносами и посторонними телами; это особенно еще неблагоприятно тем, что в то время, как при измерении вертушкой, всякое случайное нарушение работы может обнаружиться неправильностью сигналов, при измерении батометром—нет этого контроля. Этих недостатков, а также и упомянутых в пункте 2, можно, по возможности, избежать повторением наблюдений в каждой точке.

Для иллюстрации влияний возможных случайных ошибок, приводим ниже данные ряда измерений 13-го марта 1926 года скоростей непосредственно под поверхностью воды. Положение камеры при этом было видно достаточно отчетливо. Все наблюдения были произведены парными равной продолжительности с промежутками между ними в 60 сек.

Таблица 5.

№№	Продолжительность наблюдений в секундах	Объем по перв. наблюдению. Объем по второму наблюд.	Отклонения %	№№	Продолжительность наблюдений в секундах	Объем по перв. наблюдению. Объем по второму наблюд.	Отклонения в %
1	30	$\frac{320}{320}$	0,0	6	180	$\frac{1.865}{1.878}$	0,7
2	60	$\frac{367}{665}$	44,8	7	209	$\frac{2.040}{1.886}$	7,6
3	90	$\frac{950}{488}$	48,8	8	240	$\frac{2.213}{2.218}$	0,2
4	120	$\frac{1.308}{1.128}$	13,8	9	270	$\frac{2.342}{2.348}$	0,3
5	150	$\frac{1.621}{1.550}$	4,4	10	300	$\frac{2.286}{2.385}$	0,0

Таким образом, из десяти произведенных наблюдений пять наблюдений дают ошибку свыше 4%. Средняя ошибка всех наблюдений равна около 12%; в отдельных случаях, когда камера хвоста подвергалась значительным заворачиваниям в потоке, ошибка достигает до 48%. Исключая в условиях двойных измерений отклонения выше 10%, получаем среднюю квадр. ошибку, равной:

$$\mu = \sqrt{\frac{\sum \Delta^2}{2n}} = 2,36\%.$$

Несомненно, что повторением наблюдений каждой точки столько раз, чтобы отклонения не превышали, хотя бы 3%, можно значительно

уменьшить влияние случайных ошибок. Для иллюстрации, каковы могут быть разности в определении батометром одного и того же расхода реки на створе реки Кубани, 28 ноября 1925 г. были произведены два замера расходов воды интеграционным способом, при чем в одном случае продолжительность наблюдений на каждой вертикали сохранялась постоянной, равной 2,00 мин., а в другом случае она увеличивалась вместе с глубиной. В первом случае расход определился в 180,54 кб. метр. в секунду и во втором случае—193,56 кб. метр. в секунду, т. е. разница составляет 7%.

В условиях указанных возможных ошибок в определении скоростей и трудностей контроля работы батометра на глубине следует признать наблюдения батометром без одновременных повторных контрольных на глубине потока мало надежными.

На основании немногих приведенных данных и материала, опускаемого здесь, точность работы батометром может быть оценена примерно, в 8—10%.

В. Методология учета взвешенных наносов.

1. *Приборы.* Приборов для взятия проб взвешенных наносов существует четыре типа.

К 1-му типу следует отнести батометры с повышенной скоростью входа пробы воды. К нему следует отнести батометры, примененные профессором В. Г. Глушковым на изысканиях реки Мургаб в 1907 году. Они представляют собою полые жесткие цилиндры с отверстиями—носками, один для входа воды и другой для выхода вытесняемого воздуха; оба эти носка при погружении находятся в воде.

Время их наполнения при объеме пробы до 2.000 кб. сант. при скорости воды в потоке около 0,85 м/сек. равна 50 сек.

Ко 2-му типу следует отнести упрощенный прибор, видоизменение первого типа, сконструированный техником Н. И. Быдиным для исследований реки Кубани. Он представляет собой закрытый жесткий цилиндр с двумя отверстиями; одно сбоку для взятия пробы мутности, а другое для выхода воздуха через полую штангу в атмосферу.

Вода входит вначале под давлением столба воды, равного глубине погружения, и в конце с нулевой скоростью; средняя скорость всегда значительно выше скорости потока. При объеме около 3.000 кб. сант. скорость наполнения его равна 25 сек. и от скорости потока почти не зависит.

К 3-му типу надо отнести батометр проф. Н. Н. Жуковского, сконструированный им в 1900-х годах. Он представляет собой цилиндр, осью располагаемый по течению, с открывающимися и захлопывающимися крышками. Характерной его чертой является то, что он дает пробу со скоростью, почти равной естественной скорости потока в месте взятия пробы.

И к 4-му типу надо отнести складной батометр-тахиметр проф. В. Г. Глушкова.

Он характерен тем, что скорости входа пробы воды в него меньше естественных скоростей в месте взятия пробы (от 2 до 4 раз) в зависимости от употребляющихся диаметров трубок. Это обстоятельство может понизить ценность его вследствие наличия крупных песчаных фракций во взвешенных наносах, так как таковые могут или обтекать прибор или же откладываться в трубке.

Однако, в виду незначительности размера фракций взвешенных наносов реки Кубани, это опасение не имело места и, вследствие ряда крупных неоспоримых достоинств его (дешевизны, портативности, легкости обращения и т. п.), он оказался наиболее удобным прибором для взятия проб мутности и получил исключительное применение.

Ко всем указанным его достоинствам надо прибавить еще одно важное качество.

Этот прибор является среди всех прибором наиболее длительного наполнения, т.е. он берет пробу воды со струи, наиболее длинной, что в наличии пульсации мутности в потоке весьма важно для получения средних величин мутности.

И, например, в то время, как для прибора проф. Н. Н. Жуковского, квадратичные отклонения, по данным Мургабских изысканий, составляли в среднем 34%, а наибольшие до 80%, те же величины для приборов типа первого составляли соответственно лишь 10% и 19% и, несомненно, что для складного батометра проф. В. Г. Глушкова отклонения эти еще меньше.

Этого вопроса нам придется несколько подробнее коснуться в дальнейшем изложении, а здесь отметим некоторые моменты процесса взятия проб мутности и ее обработки для выяснения размера накапливающихся при этом ошибок.

2. *Точность учета взвешенных наносов.* В переливах по взятии пробы могут быть следующие места образования и накопления ошибок:

1. При сливе пробы из батометра в четверть.
2. При сливе отстоя из четверти в мензурку.
3. При сливе отстоя из мензурки на фильтр.

При этих переливах возможны потери как воды, так и осадков; значительно важнее потери осадков, так как они более искажают величины содержания наносов. В сумме эти потери достигают до 4% (по данным Мургабских изысканий) и в работах по исследованию реки Кубани 1925 г. они составляли около 1%. Но надо заметить, что эта ошибка важна для учета лишь в абсолютных величинах, и она значительно менее существенно влияет на сравнительные и относительные величины мутностей. Возможные искажения в картине сравнительных величин можно оценить не более, чем в 0,5%.

При обычно применявшемся методе обработки проб (вначале отстаивание, затем слив верхнего осветленного слоя и выпаривание на фильтре остальной части) вместе со сливаемой верхней частью воды сливается и часть взвешенных наносов полуколлоидального и коллоидального вида, т.е. фракцией с гидравлической крупностью (т.е. скоростью оседания) меньше 25 м.м. в сутки.

Для изучения этих потерь наносов были поставлены специальные наблюдения над пробами мутности, в которых, кроме выпаривания выпавших на дно наносов нижнего слоя пробы, отстаиванием и выпариванием выделялась мельчайшая муть в верхней осветленной части, обычно выливаемой, не выпариваемой.

В результате обработки 4 проб при отстаивании их до 30 дней получили ряд величин отношения теряемых обычно при сливании взвешенных наносов к учитываемым, выпавшим на дно, в зависимости от времени отстаивания.

Данные эти, для состава наносов реки Кубани в устьевой части, излагаются в нижеследующей таблице:

Таблица 6.

Дней	Проба № 1 16/III—25 г.	Проба № 2 16/V—25 г.	Проба № 3 14/VIII—25 г.	Проба № 4 1/XII—25 г.
отстаивания	Потери мутности при сливании верхнего слоя в отношении к выпавшим на дно из нижнего слоя в ‰/с.			
1	8	—	—	—
2	6	—	—	—
3	5,5	3,0	5,2	—
4	4,5	—	—	—
6	—	—	2,8	—
7	—	—	—	4,8
11	—	—	—	—
14	—	—	1,2	—
15	—	—	—	2,0
17	—	0,7	—	—
21	—	0,1	—	—
24	—	—	—	1,4
31	—	—	—	1,1
32	—	—	—	0,8

Средняя продолжительность отстаивания проб в исследованиях реки Кубани была принята равной 14 дням, т.е. допускавшаяся при этом ошибка должна быть оценена около 1,5‰.

В дальнейшем наносы пропускались на бумажный фильтр и выпаривались. Вес осадка определялся с точностью до одной тысячной грамма и получался как разница весов фильтров с осадками и без осадков, определенных при одной и той-же влажности¹⁾. Средняя ошибка в определении веса пробы означенным образом может быть оценена в 0,2‰.

Таким образом, общая возможная ошибка при взятии и обработке проб мутности должна быть оценена в $100(1,01 \times 1,015 \times 1,002 - 1) = 2,7\%$.

3. *Распределение взвешенных наносов в потоке.* Теперь необходимо обратиться к рассмотрению вопроса о распределении взвешенных наносов в потоке.

Существующие сведения по этому вопросу недостаточны, отрывочны и относятся к ряду частных случаев одной реки, одного пункта в ней, почему перенесение выводов их для нашего случая не является возможным и допустимым.

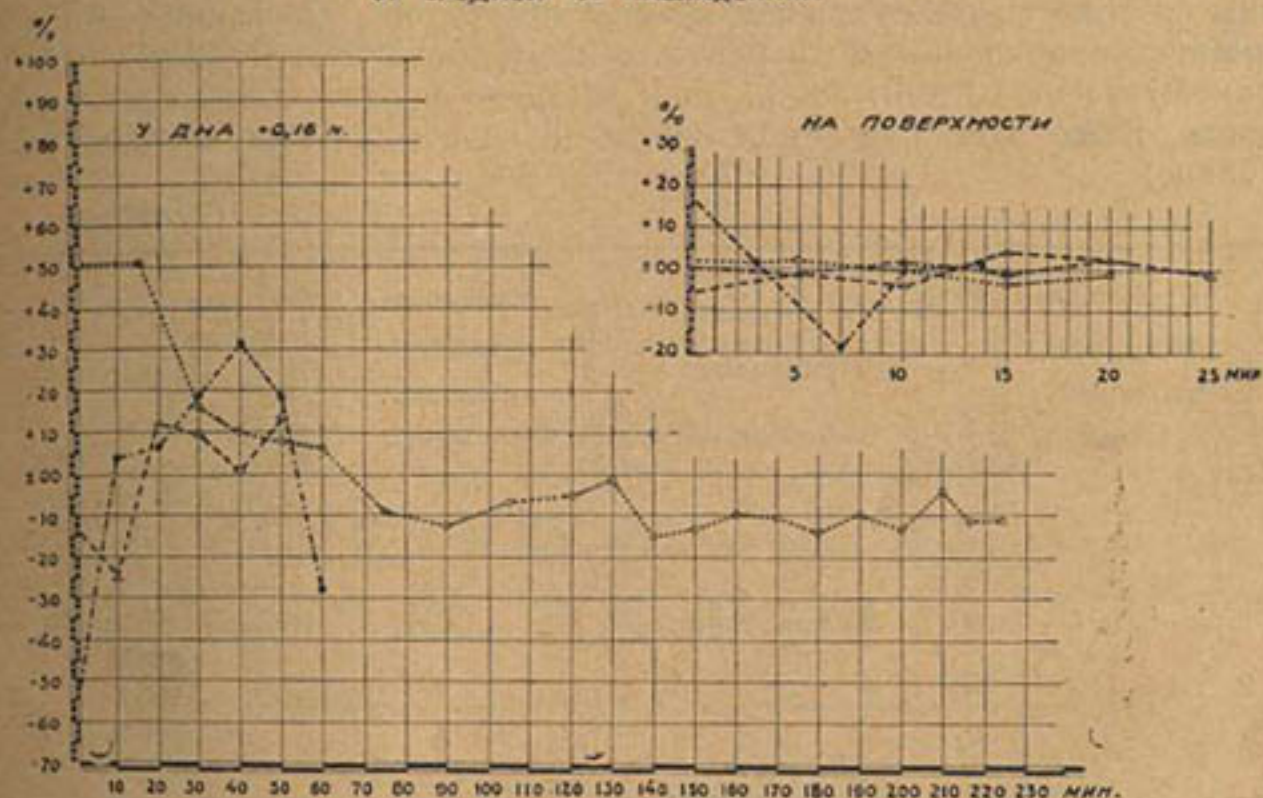
¹⁾ Взвешивание каждого фильтра до употребления их (т.е. без наносов) и с наносами производилось в лаборатории Технологии минеральных веществ Донского Политехнического Института.

Для выяснения этих вопросов в работах по исследованию реки Кубани в 1925 г., были организованы опыты по освещению некоторых вопросов о режиме мутности в реке.

В порядке постепенности обратимся вначале к вопросу об изменении мутности по времени в данной точке потока. В течение значительных промежутков времени она, конечно, меняется и заметным образом, но постоянна ли она в течение короткого промежутка времени (час, минут и секунд), т.е. пульсирует ли мутность в том смысле, как пульсирует, например, скорость—до сего времени сказать было трудно.

Трудно, главным образом, потому, что в то время, как непрерывные записи пульсации скорости современными усовершенствованными приборами возможны через одну секунду, непрерывное взятие проб для получения пульсации мутности в наших условиях оказалось возможным лишь через пять на поверхности и через десять минут—у дна.

ГРАФИК пульсации взвешенных наносов в % погрешности
от средней по наблюдениям



Черт. № 2.

Результаты нескольких таких обследований пульсации мутности прибором 2-го типа и изложены в графике № 2.

Рассматривая его, следует отметить:

- 1) что колебания мутности располагаются в общем по плавным кривым, без провалов линий и промежуточных пик;
- 2) что эти колебания измеряются часами и в этом отношении аналогичны с изменением расходов донных наносов по времени, по данным опыта их изучения в исследованиях переката (см. ниже);
- 3) что эти колебания достигают громадных величин, превышающих среднюю мутность в отдельные моменты периода наблюдений на 60% и больше;
- 4) что эти колебания мутности, наблюдаемые в двух различных местах реки Кубани—у Переволокского узла и в Петрушином рукаве у г. Темрюка, не могут быть отнесены за счет каких-либо случайных явлений, как-то: местных случайных размывов, или же отложений наносов, прохождения судов, карчей и проч.;

5) что пульсация мутности у поверхности значительно меньше, чем у дна.

Данные этого графика подверглись нижеследующей разработке.

Для каждой ломаной линии были определены величины отклонения в ‰ от средней мутности за цикл наблюдений через каждые 10 минут у дна и 5 минут на поверхности, т.е., например, для времени наблюдений 30 мин. определяли среднюю мутность по трем наблюдениям и затем определяли в ‰ отклонение этой средней мутности за 30 минут по отношению к средней мутности за весь период.

Затем все четыре отдельных кривых были приведены к одной продолжительности (наибольшей из всех); при этом, если время наиболее длинного цикла было равно 217 минут, и другого 185 мин., то считалось, что средняя мутность для цикла в 185 мин. уже имеет ту ошибку, которую имеет цикл, продолжительностью в 217 минут, по истечении 185 минут.

Затем, по данным отклонений для каждой кривой были подсчитаны средние ошибки (при чем знаки у процентов отклонений везде принимались одноименными) и нанесены на график. Этот график был на промежутке от 10 мин. до 0,1 мин. экстраполирован графически и излагается ниже для пульсации на дне и на поверхности, в следующей таблице:

Таблица 7.

№№ по пор.	Продолжительность наблюдений в мин.	Отклонения за весь цикл в ‰ от средн.	Примечание	№№ по пор.	Продолжительность наблюдений в мин.	Отклонения за весь цикл в ‰ от средн.	Примечание
У д н а				Н а п о в е р х н о с т и			
1	0,1	60	Экстраполированы	1	0,1	16	Экстраполированы
2	1,0	58		2	1,0	12,5	
3	3,0	54		3	2,0	10	
4	10,0	48		4	3,0	8	
5	30,0	35		5	5,0	6	
6	60,0	23		6	15,0	3	
7	90,0	16		7	25,0	0	
8	120,0	10					
9	150,0	6					
10	180,0	3					
11	220,0	0					

Попробуем, на основании этих фрагментов, оценить, какую же ошибку мы получили бы, если содержание взвешенных наносов оценивали бы по одной вертикали.

Для оценки этого вопроса необходимо принять какую-либо гипотезу о режиме пульсации взвешенных наносов на вертикали.

Мы знаем, что в турбулентных потоках существует явление того же порядка в распределении скоростей, именуемое «пульсацией скоростей».

Между обоими этими явлениями мы не предполагаем устанавливать зависимости и о явлении пульсации скоростей вспоминаем лишь для того, чтобы принять для распределения пульсации мутности по вертикали тот же, примерно, режим, что и для пульсации скоростей.

Если предположить аналогично с картиной распределения пульсации скоростей, что и пульсация мутности прямо пропорциональна скоростному градиенту, то, принимая отклонения пульсации на дне 60% и на поверхности 16%, при продолжительности наблюдений 0,1 мин., получаем, что среднее отклонение по вертикали от пульсации составит, при продолжительности наблюдения до 0,1 мин. через 0,1 Н, около 32%, и средняя квадратичная ошибка около 10%.

Это отклонение является предельно возможным, так как при интеграционных по вертикали пробах случаи, когда все отклонения одного знака, являются исключительными и даже невероятными. Практически, как мы видели на примере обследования этого вопроса в отношении скоростей, максимальные отклонения едва ли будут превышать 16%.

Переходим далее к вопросу о величине возможных отклонений в учете мутности на всем живом сечении.

Эпюры (в количестве 33 штук) распределения % содержания мутности по вертикали в р. Кубани и рукавах, построенные на основании ряда произведенных детальных обследований, приводят к следующим общим заключениям о картине этого распределения и вытекающих из нее пределов точности учета.

1. Распределение мутности в живом сечении потока, в общем, надо признать, равномерным, т.-е. жильного распределения наносов не наблюдается. В общем, мутность у поверхности меньше и у дна больше. Обработка цифрового материала по вопросу о распределении мутности по вертикали привела нас к следующим данным, отнесенным к средней мутности всей вертикали, принятой равной единице.

Таблица 8.

№ попор.	Глубины от поверхности	Мутность в отношении к средней	Среднее арифмет. отклонение в %	Средняя квадрат. ошибка в %
1	0,0Н	0,85	10	3,2
2	0,2	0,93	7	2,1
3	0,4	0,99	6	1,95
4	0,6	1,02	6	1,87
5	0,8	1,06	8	2,6
6	1,0	1,15	11	3,6

Из данных этой таблицы (последнего столбца) усматривается одновременно, что полученные средние величины мало устойчивы. Эта устойчивость возрастает от поверхности к 0,5Н, где мутность равна средней по вертикали, но опять падает по мере приближения ко дну.

По вопросу о распределении мутности по ширине потока, разработка того же материала приводит к следующим положениям.

2. Мутность распределяется довольно равномерно. Можно отметить, что она в большинстве случаев возрастает в направлении от одного берега к другому, как это явствует из нижеследующей таблицы, подсчитанной на основании семи детальных обследований одного и того же створа.

Таблица 9.

№	№№ вертикалей от берега	Мутность вертикаль. в отношении к средней всей ширины реки = 1-це	Среднее арифметическ. откл. в ‰	Средняя квадрат. ошибка в ‰
1	1	0,90	8,5	2,85
	2	0,95	3,0	1,05
	3	0,98	8,5	2,72
	4	1,06	6,0	2,02
	5	1,10	8,5	2,90
Средняя арифмет. $34,5 : 5 = 7‰$				

Из последней графы той же таблицы усматривается, однако, что полученные средние величины непостоянно устойчивы. Обследование этого же вопроса путем увеличения числа вертикалей до 11-ти (с 5-ти) и различных комбинаций отношений проб (с 2-х, 3...6 соседних вертикалей или с пропусками, к пробам со всех вертикалей) показали те же, примерно, пределы отклонений.

1. Для отношений проб с двух—трех вертикалей к 11 на всем створе—среднее отклонение = $10‰$.

2. Для отношений от 3:10 до 5:11 около $7,5‰$.

3. Для отношений от 6:11 до 3:5 около $6,0‰$.

При этом следует отметить, что в двух из семи детальных обследований створов, направление уменьшения мутности от одного берега к другому было обратным.

Следует здесь также сказать в двух словах о методе определения расхода взвешенных наносов. Таковой обычно получается, как произведение из относительной мутности на расход воды. Следовательно, для сохранения размерности и равнозначности с каждой единицы расхода воды в любой точке—надо брать соответствующую величину пробы. В конечном виде, по ряду функциональных зависимостей, здесь опускаемых, это приводит к тому, что при интеграционном способе (обычно применявшемся) взятия проб, должно быть совершенно одинаково время, в течение которого должен находиться батометр на каждом сантиметре глубины вертикали.

Практически это увеличивает время взятия проб на глубоких вертикалях.

Вместе с этим употребляется также способ взятия интеграционной пробы, характеризуемый тем, что на разных вертикалях батометр находится одинаковое время.

Это приводит к тому, что объем пробы здесь возрастает с глубиной меньше, чем в 1-м способе.

Первый прием мы позволили себе охарактеризовать, как прием получения средней мутности расхода воды потока, а второй, как прием получения средней мутности по ширине живого сечения водотока.

Поставленные специальные наблюдения на ряде расходов твердого стока показали, что второй способ дает большее содержание взвешенных наносов в среднем на 7%. Так как расход наносов мы определяем из произведения расхода водотока на процентное содержание взвешенных наносов, то первый прием следует признать более совершенным.

Возвращаемся теперь к оценке точностей применявшихся методов по учету взвешенных наносов.

Упомянем опять, что процесс взятия пробы и ее обработки может давать ошибку до 2,6%. Дальнейшие моменты накопления ошибок состоят в нижеследующем:

1. Ошибка от явления пульсации мутности в различных точках вертикалей может достигать величины от 16 до 60%.

В среднем для одной вертикали она может достигать максимум до 16%.

С увеличением числа вертикалей для учета расхода твердого стока по всему сечению, процент возможных ошибок снижается, примерно, пропорционально числу вертикалей и при числе вертикалей = 5, ошибка снижается (см. таблицу 9) до семи процентов.

В дальнейшем, при подсчетах и обработке, ошибки уже накапливаются за счет другого компонента при подсчете расходов твердого стока, а именно, за счет ошибок, заключающихся в определении расходов воды. Принимая последние в 6%, получаем наибольшие возможные отклонения при подсчете абсолютных величин твердого стока, равными $100 (1,026 \times 1,07 \times 1,06 - 1) = 16,4\%$.

Для нас, кроме того, важно для последующего оценить точность учета при относительных подсчетах, т. е. в том случае, когда постоянные ошибки, входящие с одинаковым знаком, исключаются.

Возможные отклонения для случая применения одинаковых приемов, при одинаковых постоянных ошибках (одно место, оборудование, приборы и персонал) и при одном и том же расходе водотока равны по вышеизложенному 7%, при средней квадратичной ошибке порядка 2,5%.

Для проверки и подтверждения указанного вывода о величине относительной суммарной ошибки учета мутности мы приводим в нижеследующей таблице, из всех имеющихся материалов по этому вопросу, лишь результаты многократных наблюдений на створах, отстоящих на расстоянии 400 метров друг от друга. Предполагается при этом, что по пути не происходило ни выпадения наносов, ни их увеличения от размывов. В действительности все же эти оба явления, конечно, существовали и в незначительной мере заметны при сличении промеров реки между створами.

Эти явления, конечно, искажали картину (хотя и не в большой мере), так как деформации в этот период были очень небольшие, а определения мутности в разных створах были почти одновременны (разница максимум в 6 часов и в среднем в 1 час).

В этой таблице приведены данные 18 определений за 3 месяца 1925 года.

Таблица 10.

№№	Дата	Расход р. Кубани кб. мет. сек.	Средняя мутность в ‰		Разность в ‰
			р. Кубань	Петрушин рукав	
1	2-VII	340	0,0439	0,0438	+0,3
2	7-VII	360	0,0816	0,0732	+11,3
3	13-VII	308	0,0424	0,0464	-8,7
4	18-VII	292	0,0314	0,0324	-3,0
5	28-VII	320	0,0420	0,0416	+1,0
6	1-VIII	290	0,0366	0,0337	+8,5
7	6-VIII	250	0,0217	0,0248	-12,3
8	19-IX	112	0,0115	0,0108	+6,3

Средняя арифметическая ошибка — 6,4‰
и средняя квадратическая ошибка — 2,92‰.

4. Состав наносов реки Кубани. Для определения механического состава наносов реки Кубани было произведено 46 анализов суммарных и отдельных проб мутности взвешенных наносов и грунта дна. Анализы эти были произведены в лаборатории при кабинете геологии Донского Политехнического Института на приборе профессора Сабанина, а также в лабораториях почвоведения того же Института и Института по изучению засушливых районов (в г. Новочеркасске).

Из всех имеющихся материалов по этому вопросу мы приведем данные лишь семи анализов, имея в виду, главным образом, иллюстрацию этого вопроса.

Таблица 11.

№№	Место взятия проб	1925 год	Расход р. Кубани у Переволоцкого узла в кб. м. с.	% мутности	Состав наносов:			
					Частиц в %		Диам. в мм.	
					От 0,25 до 0,05	от 0,05 до 0,01	от 0,01 до 0,001	от 0,001 и мень- ше.
1	Грунт дна: р. Кубань (взято дон- ным батометром).	9-III	122	—	57,1	18,4	19,8	24,5
2	Взвешенные наносы: р. Переволока у узла	22-VI	268	0,0373	3,5	4,0	84,2	8,3
3	Петрушин рукав у узла	*	—	0,0377	4,6	6,3	79,4	9,7
4	р. Кубань у узла	17-VI	294	0,0340	7,5	8,6	62,1	11,8
5	Петрушин рукав	*	—	0,0271	3,2	6,1	77,4	13,3
6	р. Кубань	12-VI	366	0,0692	15,8	15,6	65,4	3,2
7	Петрушин рукав	*	—	0,0910	40,5	12,3	42,3	4,9

*) Примечание: 1. Выше створа работал землесос.

2. Удельный вес этих наносов из трех определений оказался равным в среднем 2,56.

Из рассмотрения этих немногочисленных данных можно заключить о том, что крупность фракции возрастает вместе с расходами воды и наносов.

Одновременно целесообразно привести также данные для иллюстрации вопроса о распределении различных фракций по вертикали на основании разработки данных измерений взвешенных наносов на створе реки Кубани 9/VIII—1925 года (вертик. №№ 2, 3 и 4. См. табл. 12).

Таблица 12.

Глубина вертик. кали.	Содержание по весу 6%, отдельных фракций от полного веса всей пробы								
	Вертикаль № 3—4			Вертикаль № 2.			Средняя для 3 вертик.		
	Частицы 0,01 0,01 < p < 0,05 0,05 < p	0,01 < p < 0,05	0,05 < p	0,01 < p < 0,05	0,01 < p < 0,05	0,05 < p	0,01 < p < 0,05	0,01 < p < 0,05	0,05 < p
пов.	76,55	11,67	11,78	59,17	17,77	23,06	67,86	14,72	17,42
0,2Н.	71,26	17,12	11,62	59,40	19,00	21,60	65,33	18,06	16,61
0,6Н.	72,77	16,80	10,43	66,61	17,25	16,14	69,69	17,02	13,29
0,8Н.	70,50	15,18	14,32	68,32	18,45	13,23	64,41	16,81	13,78
0,9Н.	45,27	9,46	45,27	75,30	17,44	7,26	60,18	13,45	26,27
дно.	—	—	—	2,03	3,64	94,33	—	—	—

Из рассмотрения данных этой таблицы усматривается, что крупность и состав наносов для двух соседних вертикалей одного измерения значительно колеблется.

В общем все же надо отметить, что отдельные фракции распределены по высоте вертикали довольно равномерно и лишь у самого дна количество наиболее крупной фракции увеличивается за счет других.

Г. Явления выпадения наносов, содержащихся в воде реки Кубани, и их уплотнение.

В конкретной задаче изыскания рационального способа учета взвешенных наносов в точных, а главное в некоторых постоянных и сравнимых единицах, в гидрометрических работах исследований реки Кубани пришлось столкнуться с вопросом, каким образом и в каких единицах надо учитывать наносы для того, чтобы эти количества были абсолютно сравнимы.

Как показал опыт, учет наносов по объему или весу в мокром осадке дает исключительно большие ошибки и делает результаты совершенно несравнимыми.

Поставленные некоторые наблюдения по обследованию этого вопроса, помимо освещения вопроса о размерах допускаемых ошибок при учете наносов в неуплотненном и мокром состоянии, позволили подойти одновременно к освещению вопроса о плотности в различные периоды уже осевших наносов, а именно, к вопросу: какой объем при выпадении занимают наносы, учитываемые на гидрометрических створах в объемах плотной без пустот и сухой породы.

Для этих целей был поставлен ряд опытов над уплотнениями осадков, выпавших из воды.

Были взяты пробы различных грунтов: взвешенных наносов реки Кубани и грунтов берегов и дна реки Кубани из буровых скважин и затем был поставлен ряд опытов над уплотнением осадков. Взятые пробы мутности, после предварительного двухнедельного отстаивания, из четверти переливались в мензурку, взбалтывались и затем производились отсчеты высоты через известные промежутки времени от 10 минут до 160 дней.

После этого пробы взвешивались и по удельному весу находили об'емы сплошной сухой породы.

Из многочисленных наблюдений, произведенных техником Н. И. Быдиным, приводим краткие, наиболее характерные выдержки в таблице 13.

В этих наблюдениях отсчитывались высоты границы нижнего столба жидкостей с наносами от верхней осветленной части пробы воды.

Таблица 13.

Время от момента взбалтывания пробы в днях	Отношение объема нижней части пробы воды с наносами к объему пробы в сухой сплошной породе					
	Проба на глуб. Петрушина рукава			Грунты берега		
	Взвешенные наносы			Глина с песком	Серый ил	Песок
	0,2 Н	0,6 Н	0,8 Н			
0	—	—	—	3,80	3,93	2,05
1	7,20	5,93	5,06	3,72	3,93	2,05
2	8,45	5,50	4,65	—	—	—
3	6,05	5,22	4,32	3,72	3,92	2,02
6	5,94	5,13	4,35	—	—	—
8	5,80	5,05	4,30	—	—	—
9	—	—	—	—	—	—
11	—	—	—	—	—	—
12	—	—	—	3,71	3,87	1,96
13	—	—	—	—	—	—
14	5,07	4,95	4,20	—	—	—
20	5,55	4,87	4,13	—	—	—
26	—	—	—	—	—	—
27	—	—	—	3,67	3,85	1,95
30	—	—	—	3,61	3,82	1,95
48	—	—	—	—	—	—
90	—	—	—	3,54	3,78	1,95

Первоначальный ход осаднения в течение первых 2-х дней иллюстрируется нижеследующей таблицей 14 наблюдений над пробой взвешенных наносов.

Таблица 14.

Промежуток времени от момента взбалтывания пробы		Объем столба воды содержащ. наносы, при объеме всей пробы (с водой) к объему пробы в конце наблюдения	
Часы	Минуты	138 куб. см. 20,0 куб. см.	95 куб. см. 16 куб. см.
—	0	138	95
—	5	—	—
—	10	56	45
—	20	50	35
—	30	48	33
—	45	46	31,1
—	60	44	29,7
—	* 120	42	26,0
—	200	34	24,0
—	300	32	21,5
—	400	26	21,0
14	—	25	18,1
17	—	22	17,8
22	—	21	17,0
30	—	20,5	16,5
43	—	20,0	16,0

Из изложенных данных можно заключить о том: 1) что ошибка в определении объемов наносов, проходивших во взвешенном состоянии по мокрому осадку по истечении 2—3 недель отстаивания, может достигать до 200% и для слежавшихся наносов: глины с песком, ила и тонкого песка—до 150% и 2) что наносы реки Кубани в свежих недавних отложениях могут занимать объемы в 5 и 7,25 раза больше объемов в сплошном (без пустот) виде.

Д. Влекомые по дну наносы *).

1. Существующие предложения по вопросу о наблюдениях над донными наносами и приборами. Убеждение всех деятелей, работавших в области регулирования открытых потоков, в значительной роли в размерах донных наносов; многочисленные и часто непреодолимые затруд-

¹⁾ Под донными наносами мы разумеем наносы, движущиеся в соприкосновении с грунтом дна русла на большей длине своего пути.

нения, вносимые явлением донных наносов в гидротехнические работы; полное отсутствие в прошлом более или менее реальных представлений об этом явлении и ряд полных неудач в опытах учета его, создали вокруг вопросов о движении влекомых по дну наносов атмосферу, полную неопределенности, сумятицы, отсутствия зачастую чутья реальной действительности, здравого смысла и начал реального научного анализа явления.

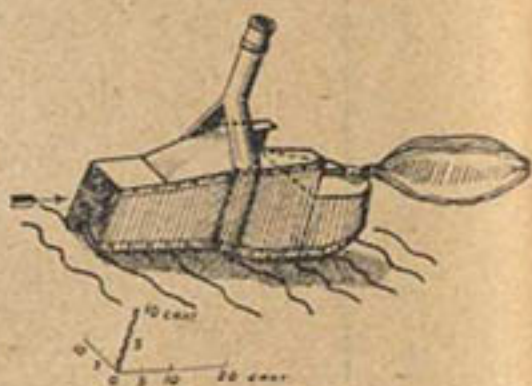
Вместе с тем, необходимость так или иначе учитывать это явление заставляла неоднократно создавать некоторые, хотя-бы и мало-научно-обоснованные приемы этого учета, для того, чтобы убеждаться затем в их неосновательности и вновь искать иных путей и других гипотез.

Большинство из них (представлений) следует признать в настоящее время полностью рудиментарными. Но они представляют собой ту лестницу, по которой совершалось восхождение вопроса об изучении явлений влекомых по дну наносов, ту сумму накопленных истин и ошибок, которую представляет собою опыт.

Еще раз отмечая, что вопрос о донных наносах находится по сути еще в зачаточном состоянии, мы считаем уместным здесь привести лишь краткие сведения об опыте постановки наблюдений над донными наносами в исследованиях реки Кубани, опустив совершенно описание и критический разбор всех имеющихся предположений и материалов по этому вопросу, как предмет особой специальной работы.

2. Прибор, применявшийся для наблюдений над донными наносами. Прибор, применявшийся для наблюдений над донными наносами в исследованиях, был предложен и осуществлен автором настоящей статьи в 1925 году.

Он представляет собою железный прибор, в общем напоминающий галошу, носок которого срезан наклонно к вертикали. Отверстие сверху позади частью перекрыто также железом, так что задняя часть его представляет собой как-бы жесткий мешок. Наверху этого мешка устанавливается батометр для взвешенных наносов проф. В. Г. Глушкова, носок которого находится в середине прибора для донных наносов. Последний служит для учета, с одной стороны, взвешенных, но выпавших в мешке наносов, и, с другой стороны, для определения степени уменьшения скоростей воды в придонном слое при прохождении через прибор, в сравнении с естественным режимом.



Черт. № 3.

Дно прибора сделано по ломаной линии для того, чтобы нижняя кромка носка и при неровном дне немного врезалась в грунт.

Давление от всего прибора при этом на грунт под носком равно около 0,1 кл. на кв. сант.

Давление на грунт от всего прибора равномерно-распределенное равно 0,02 кл. на кв. сант.

Прибор укрепляется на штанге и устанавливается с понтона. Длина первой модели была равна 0,5 метра и последующих 1,5—2,0 метра.

Гидравлические свойства донного батометра¹⁾.

В виду того, что этот прибор, будучи установленным на дно водотока, вносит ряд существенных изменений в окружающую среду потока и дает искаженные размеры явления,—предварительно, для выяснения главных из этих изменений, хотя-бы в грубейших чертах, а также для выяснения картины попадания наносов в прибор, было предпринято в полевой обстановке изучение его гидравлических свойств.

Оно было произведено путем обследования скоростей в приборе и вокруг прибора при различных его положениях.

Опыты эти заключались:

а) в определении степени уменьшения скоростей в приборе в сравнении с естественным режимом;

б) в выяснении распределения струй и наносов в приборе и окружающем пространстве при установке прибора в различных положениях на дне—носком против течения, по течению и под различными углами к нему, а также и при установке прибора на весу;

в) в выяснении картины размывов дна и отложений при установке прибора всей площадью и с различным врезанием носка прибора в дно;

г) в выяснении работы прибора в различных грунтах и желательных его улучшений.

1. Первые опыты заключались в определении степени уменьшения скорости внутри прибора против скоростей в той же точке свободного потока.

Определение скоростей производилось батометром проф. Глушкова, ибо в отсутствии трубки Пито он является наиболее компактным прибором, правда, невысокой точности.

Испытание это производилось при установке прибора на высоте 20 сант. от дна.

В то время, как измерения скоростей в свободном потоке дали величины в 1,04, 0,96 и 0,97 м/сек., скорости внутри батометра были равны: 0,69, 0,81, 0,70, 0,63, 0,65, 0,72, 0,70, 0,64, т. е. отношение средних величин $\approx 0,70$; это и является коэффициентом сопротивления прибора. В отдельных измерениях затем на дне Гусевского переката—это уменьшение скоростей доходило и до 0,50.

При установке его на дно выяснилось, что впереди кромки носка и у боков в начале носка образуются желобки глубиной 3—5 м.м. (увидеть картины наносов при этом не удалось, вследствие большой мутности воды). Наносы располагаются иногда полоской у стенок, иногда же равномерно по всей ширине лотка и распространяются до задней стенки прибора.

2. Затем изменения режима были обследованы при постановке прибора носком вверх по течению, но под углом 70—80° к направлению течения.

Общая картина распределения скоростей в приборе характеризуется тем, что поток сверху по течению лишь в расстоянии 8—10 сант. от прибора начинает резко менять направление скоростей; при этом деление потока происходит, примерно, на середине длины прибора. Скорости у кромки носка значительно увеличиваются и небольшая часть потока со скоростями меньшими в 4—8 раз проходит через прибор и, выходя

¹⁾ «Батометр» буквально обозначает глубиноизмеритель, но мы сохраняем за ним установившееся в практике название, как прибора для наблюдения над наносами

из него, направляется дальше. В отношении распределения наносов следует отметить значительные размывы на всей боковой части (стороне) прибора, обращенной в сторону течения. Продукты этого размыва в большей мере откладываются внутри прибора в мертвом (завихренном) пространстве за передней кромкой и доходят также до задней стенки. За прибором снаружи, у стенки, заметны тоже значительные отложения наносов.

3. Затем было обследовано состояние потока и движение наносов при установке прибора носком вниз по течению. Интересная картина наблюдалась при этом в распределении наносов; впереди прибора по течению и с боков были размывы; продукты этих размывов переносились к носку прибора, там задерживались и затем часть их донным обратным течением в очень тонком слое у дна прибора и углов входа затаскивалась внутрь прибора и там откладывалась.

Количество наносов, за одно и то же время отложившихся в приборе при этих обследованиях, относилось друг к другу в следующем порядке: в опыте первом меньше, чем во втором, и в третьем—меньше, чем в первом.

Эти обследования были произведены 26/V—1925 г. на выходе так называемого «Быстрого» ерика р. Переволоки (главного рукава реки Кубани), недалеко от впадения в Ахтанизовский лиман.

Опыты, сделанные на Гусевском перекате р. Кубани 20/V 1925 г., по обследованию свойств прибора, дали ту же, примерно, картину.

Приведем здесь краткие их результаты:

а) На глубине 0,80 м. при скорости у дна $=0,12$ м/сек. и грунте—мелкий песок, в приборе, установленном на дно за 10 минут наблюдения оказалось наносов 70 куб. сант.; при установке прибора носком вниз по течению, за то же время—30 куб. сант. и при установке прибора нормально к течению—270 куб. сант.

При установке прибора на том же месте, но на весу (в 2—4 сант. от дна) в тех же положениях и за то же время оказалось 1 куб. сант.

б) В таких же опытах, как и изложенные в пункте «а» на глубине вертикали 0,50 м. при скорости на дне 0,165 м/сек. и грунте песчаном, но значительно более плотном, чем в случае «а», те же величины объема наносов, в том же порядке, за одно и то же время наблюдения выразились в цифрах уже меньших, но сохранивших свой относительный порядок, а именно: 40 куб. см., 10 куб. сант. и 140 куб. сант.

в) Аналогичные испытания были затем произведены на глубине 2,30 м. при скорости у дна 0,254 м/сек. при грунте—мелкий песок, но более плотном, чем в пункте «б» и при одной и той же продолжительности наблюдения.

При этом оказались в приборе следующие количества наносов:

1. При установке прибора на дне, против течения—120 куб. сант.

2. При установке прибора на дне, носком вниз по течению—тоже 120 куб. сант.

3. При установке прибора на дно нормально к течению—600 куб. см при чем в этой пробе находились остатки растений.

4. При установке прибора носком против течения, но под углом 45° —280 куб. сант.

5. При установке прибора носком вниз по течению, но под углом 45° —80 куб. сант.

6. При установке прибора на весу в 2—3 см. от дна носком против течения—0,5 куб. сант.

7. Кроме этого, было испытано еще положение прибора при установке его носком против течения, когда он опирается на дно только носком, а вся остальная часть находится на весу в воде: объем наносов при этом оказался равным 40 куб. сант.

г) Затем было испробовано влияние степени врезания прибора в грунт русла при установке его носком против течения.

Для этого в первом случае надавливали прибор так, чтобы врезался один носок прибора, а вся остальная часть свободно лежала на дне; объем наносов в приборе на глубине 0,50 м. при скорости на дне 0,165 м/сек. и продолжительности наблюдения 11,5 мин. оказался равным 80 куб. сант. При вдавливании всего прибора (а не только носка его в грунт), в тех же условиях, за 10 минут объем наносов был равен 35 куб. сант.

д) Наблюдения над объемами донных наносов одной и той же вертикали за различное время, произведенные подряд с перерывами между наблюдениями в 5—10 минут на главном створе реки Кубани, на глубине 3,80 м. при грунте—мелко-зернистый песок, показали, что расход донных наносов в одном и том же месте—не постоянен в течение даже короткого промежутка времени. Так, при скорости на дне потока, колебавшейся от 0,40 до 0,50 м.—объем донных наносов в батометре за первое наблюдение с 11 ч. 49 мин. по 12 ч. 09 мин. был равен 89 куб. сант.; за второе—с 12 ч. 15 мин. по 12 ч. 30 мин.—44 куб. сант. На других вертикалях повторялась подобная же картина.

е) Расположение наносов в приборе было трояким. Они расположены или 1) ровным слоем по всему прибору, 2) или же у одной его стороны, что, может быть, можно отнести за счет неправильности установки или же 3) отдельными косами, передвигающимися друг за другом по прибору.

ж) Из остальных наблюдений, имеющих методологический интерес, мы отметим зависимость объема донных наносов в приборе от глубины вертикали.

В виду того, что все обследования методологического характера необходимо было производить, для большей ясности и устойчивости выводов, с элементами более или менее известных механических и физических свойств и в более определенных условиях,—наблюдения этой зависимости были проведены на Гусевском перекате и в местах, где грунт был песчаный.

Несомненно, что производство этих испытаний с илом (грунтом, где большую роль в условиях его движения играют физические, очень мало изученные, а не механические, более ясные, свойства) дало бы менее определенные и неясной ценности результаты. Например, при установке в мягком иле прибор нередко опускается в него и так, что слой ила оказывается даже и на верхней деке прибора. Достижение правильности установки прибора на иле весьма затруднительно, а при глубинах, больших одного метра, и невозможно.

Поэтому все наблюдения, где в объемах донных наносов оказывался ил, здесь опускаются. В нижеследующей таблице приведены для ряда наблюдений сведения о времени наблюдения, створе переката, глубинах вертикалей и данные об объеме проб за 10 минут наблюдения.

Таблица 15.

Глубина верти- кали в метрах	Объем донных наносов за 10 мин в куб. сант.	Глубина верти- кали в метрах	Объем донных наносов за 10 мин. в куб. сант.
Створ № 1-й 19 мая 1925 года		Створ № 2-й 10 июля 1925 г.	
1,60	6,1	2,35	210
1,60	300	1,95	25
1,30	150	0,30	5
1,15	140	Створ № 1 22 сентября 1925 г.	
0,2	0,5	1,53	30
Створ № 2-й 19 мая 1925 г.		1,44	38
2,10	396	1,00	10
1,05	275	0,52	10
0,21	4	0,30	10
Створ № 1 10 июля 1925 г.		Створ № 2	
1,95	410	1,90	10
1,75	400	1,45	380
1,45	80	0,65	10
1,30	55	0,55	7
0,18	8		

Отмечается, что в условиях Гусевского переката прибор дает во всех случаях, даже на весьма малых глубинах и скоростях, пробу от 5 до 15 куб. сант. Видимо, это обязано первоначальному местному размыву от самого же прибора. При больших расходах донных наносов, точки располагаются менее разбросанно, чем при малых. Если определять отклонения опытных данных от некоторой средней линии, вокруг которой располагаются точки, то средний процент ошибки будет равен около 80%. При исключении отдельных измерений, дающих отклонения до 1000% (их около 8%), средняя ошибка падает до 55%; при этом, чем больше единичные расходы донных наносов, тем меньше этот процент (до 35%) и, чем меньше единичные расходы, тем больше ошибка. В среднем, учитывая все наблюдения (т.-е. и наблюдения с пробами, давшими нечистый песок, ил, а также и явление пульсации донных наносов), можно оценить достигнутую относительную точность наблюдений, примерно, около 70%; абсолютная же—значительно меньше.

Рассматривая вышеуказанные материалы по обследованию свойств прибора и условий его работы, отмечая несовершенство этих обследований, произведенных в полевой обстановке приемами и приборами малой точности, и подчеркивая необходимость производства этих испытаний

в Гидротехнической лаборатории более точными и совершенными приборами и приемами, здесь в настоящее время позволим себе предварительно и эскизно наметить нижеследующие положения и выводы для последующей их проверки.

Гидравлические свойства этого прибора таковы, что он, будучи установлен на размываемое дно потока,

а) вызывает уменьшение в среднем на 30% скоростей воды при правильной установке прибора, носком против течения—(одновременно с этим, конечно, уменьшается и расход донных наносов);

б) вызывает незначительные местные искусственные размывы дна, продукты которых частью поступают в прибор, а частью растекаются в стороны. Эти размывы, однако, происходят лишь в первое время и затем наступает их прекращение;

в) вызывает в заднике—мешке прибора отложение наиболее крупных фракций, взвешенных в придонном слое наносов, в размере от 0,5 до 1 куб. сант., т.е. около 1—5% всего объема наносов в приборе;

г) наполняется наносами при установке его под различными углами по направлению течения; увеличивает местные размывы дна вместе с ростом румбического угла, образованного осью прибора с направлением течения, но одновременно захватывает все-же большую часть влекомых по дну в месте установки прибора наносов. Попадание наносов транзитных и местного размыва происходит даже и при установке прибора носком вниз по течению, благодаря образуемому у дна прибора в конце его обратному течению, заносающему наносы внутрь прибора;

д) не вызывает значительного увеличения местных размывов, при различной степени вдавливания в грунт;

е) наполняется наносами лишь при установке прибора на дно и врезании кромки носка в грунт;

ж) наполняется наносами тем больше, чем больше глубина вертикали;

з) дает более или менее контролируемые результаты на песчаном грунте;

и) позволяет контролировать наблюдениями над величиной уменьшения скоростей в приборе правильность его установки в плане и избегать явлений, отмеченных в п. «г».

3. *Описание производства наблюдений над донными наносами и обработки данных наблюдений.* Способ производства наблюдений этим прибором был принят следующий.

Как и при замерах расходов воды на ряде вертикалей створа устанавливался понтон. Прибор на штанге, промытый от наносов с укрепленным на нем батометром проф. Глушкова, опускался в воду так, чтобы штанга стояла вертикально; при этом, даже при наличии и неровностей дна, прибор, благодаря вогнутости дна его, устанавливался так, что носок оказывался опертый на грунт.

Время наблюдения было на основании предварительных опытов избрано в 10 минут, так как при этом объем пробы наносов в приборе оказывался достаточным для учета их с точностью до 2—4 куб. сант. и объем воды в батометре Глушкова был еще меньше предельного в 1.200—1.500 куб. сант. (для больших специально употреблявшихся футбольных камер).

После истечения этого времени прибор вынимался носком вверх; на понтоне из него техником осторожно сливалась верхняя часть воды, а

остальное выливалось в мерный сосуд объемом около 3.000 куб. сант., суживающийся к низу, для увеличения точности отсчетов малых объемов, или же в мерный стакан, и по истечении 5—10 минут, когда грунт—песок выпадал на дно, производился отсчет, затем проба процеживалась на материи и завязывалась (иногда измерение объема проб и проверка полевых отсчетов производились не на месте работ, а в полевой конторе).

Батометр проф. Глушкова, после вытаскивания прибора, отделялся так, чтобы из него не выливалась вода; объем этой пробы тут же измерялся в мензурке и отсчет записывался в журнале. Наблюдения батометром проф. Глушкова давали скорость прохождения через донный батометр, что важно было в смысле оценки изменений в режиме потока на дне при установке в нем прибора, а также и в отношении контроля правильности установки всего прибора, так как при отклонениях от нормального положения объема воды в батометре изменялись весьма и заметно сильно (уменьшались).

Количество вертикалей обычно было от 4-х до 7 и 8 на створе, шириной от 40 до 90 метров.

4. *Произведенные измерения влекомых по дну наносов на Гусевском перекате.* Планомерные опыты определения донных наносов производились на Гусевском перекате Петрушина рукава реки Кубани, для опыта изучения их роли в деформациях переката. Они производились одновременно с промерами переката и измерениями взвешенных наносов на створах в начале и конце переката и на тех-же вертикалях, где брались и пробы взвешенных наносов.

Данные этих 18 парных наблюдений излагаются в нижеследующей таблице, где одновременно с данными наблюдений приведены и подсчеты расходов донных наносов. Ширина отверстия входа в прибор равна 10 сант. Продолжительность наблюдений везде была 10 минут. Считая, что распределение и расход наносов на этих 10 сантиметрах были такие-же как и на прилегающих 50 см. по обе стороны прибора, мы считали, таким образом, что эти данные характеризуют собой и расход донных наносов на 1 м. ширины за 1 минуту.

Кроме того, мы считали упрощенно, что средний расход между двумя вертикалями равен полусумме их и для подсчетов принимали расход донных наносов на этом участке, как произведение из среднего расхода между вертикалями на расстояние между вертикалями (в виду весьма незначительной разницы расстояния между вертикалями по поверхности воды и дна).

У береговых вертикалей мы принимали, в зависимости от формы русла, что точка нулевого расхода находится или у берега, или же между берегом и первой вертикалью, в половине расстояния от последней, и в месте первой вертикали от середины реки к берегу, где расход наносов составлял лишь 5 куб. см. в 1 мин., какое количество мы принимали за местные размывы.

Затем эти элементарные расходы суммировались и, таким образом, мы получали расход донных наносов на профиле за 1 мин. в куб. сант.

Весь основной материал по этим наблюдениям находится в документах исследований реки Кубани 1925-26 года НКПС.

На основании данных обработки замеров и составлена нижепомещаемая таблица расходов донных наносов в куб. метр. в сутки по полному объему проб (песок и ил) и по объему проб, состоящих из песка. В ней же приведены также данные о горизонтах, расходах воды и уклонах на перекате.

Таблица 16.

№№	Даты измерений 1925 г.	Гориз. на сев. Гусев. перек. в м. над орд. Аз. моря	Расход воды в куб. м. сек.	Средн. скорость воды на перекате в м. сек.	Уклон на перекате в ‰	Расход донных наносов в куб. м. в сутки по полным пробам	
						По объему песка	
						I створ	II створ
1	2	3	4	5	6	7	8
1	19/V	0,93	36,35	0,60	0,0154	32,0	33,47
						32,0	33,4
2	18 VI	1,00	38,02	0,60	0,0071	17,8	79,7
						17,8	49,3
3	10 VII	1,16	51,65	0,575	0,0120	49,2	15,2
						49,2	12,2
4	29 VII	1,12	45,38	0,60	0,0120	14,3	4,96
						14,3	39,4
5	18 VIII	1,03	45,80	0,77	0,0140	15,9	5,67
						15,9	3,10
6	22/IX	0,43	16,53	0,415	0,0064	4,08	16,7
						4,08	15,6
7	14/X	0,37	15,10	0,39	0,0069	3,67	2,49
						3,67	1,73
8	4/XI	0,45	18,02	0,375	0,0076	3,45	2,78
						2,64	1,48
9	26 XI	0,96	57,12	0,52	0,0166	20,3	4,35
						6,45	3,62

Примечание. Как мы указали выше, прибор дает искаженные расходы наносов, вследствие уменьшения скоростей в месте установки. Попробуем ориентировочно, хотя-бы и очень грубо, расценить это уменьшение истинного расхода для того, чтобы ввести при подсчетах деформаций переката более близкие к действительности цифры.

Расход донных наносов пропорционален произведению из расхода воды на уклон

$$\text{т. е. } g = \alpha \cdot Q \cdot I$$

Представим Q в виде $R \cdot L \cdot V_{\text{ср.}}$,

где R — гидравлический радиус, L — смоченный периметр, $V_{\text{ср.}}$ — скорость потока. Заменяя затем по уравнению Шези произведение $R \cdot L$ равным ему $V^2 : C^2$ и подставляя окончательно, имеем:

$$g = \frac{\alpha \cdot A}{C^2} V_{\text{ср.}}^3 = B V^3$$

для двух случаев в один момент и одной и той же точки водотока B будет постоянным, тогда расходы донных наносов будут относиться так:

$$\frac{g_x}{g_0} = \frac{V_x^3}{V_0^3}$$

Зная, что скорости в приборе в среднем составляют лишь 0,70 от скорости несгесненного потока, имеем, что действительные

расходы будут больше наблюдаемых в $\left(\frac{1,00}{0,70}\right)^3 = 2,9$ раза.

В это число раз и увеличены расходы донных наносов и помещены в таблице 16.

Повторяем, что этот прием недостаточно учитывает ряд дополнительных моментов и поэтому дает лишь грубое приближение.

Вследствие новизны этого дела и всех ясно сознаваемых несовершенств полученных данных, делать какие-либо дальнейшие выводы—преждевременно, поэтому изложением этих данных мы и заканчиваем обзор произведенных опытных работ по учету влекомых по дну наносов.

Еще раз отмечаем, что все приведенные опытные данные страдают значительными неточностями, что они получены весьма несовершенными приборами и что все они требуют тщательной точной и подробной проверки заново, в условиях Гидротехнической лаборатории с ее совершенными методами и совершенными приборами.

Е. Наблюдения над Гусевским перекатом р. Кубани и точность количественного учета деформации.

Наблюдения над Гусевским перекатом реки Кубани вошли в программу гидрометрических работ исследований реки Кубани 1925 года, как опытные работы, целью которых являлась разработка приемов и методов для организации подобных наблюдений в будущем.

До самого последнего времени приемы изучения перекатов, к сожалению, не вышли из одностороннего и узкого круга наблюдений одними промерами. Но даже и приемы изучения переката одними промерами страдают методологической неясностью.

Это обстоятельство и побудило автора настоящей записки заняться вопросами разработки приемов и способов наблюдений над перекатами.



Черт. № 4.

1. *Описание Гусевского переката и его прошлое.* Гусевский перекат находится в Петрушином рукаве р. Кубани между 11,0 и 12,0 клм. от устья Азовского моря. Представляет собою он «россыпь», расположен на изгибе реки. Начало нижней плессовой ложины непостоянно (от 11,0 клм. до 10,7 клм. от Азовского моря). Конец верховой плессовой ложины теряется между 13 и 12 клм. Длина переката не постоянная.

«В 1912 году он был длины 426 мт. и ширины 53—140 мтр. В 1911 г. Кавказским округом путей сообщения были закончены регуляционные работы по перекату (на сумму 2.819 р. 46 к.). Была исполнена струенаправляющая дамба на всем протяжении у левого берега; состояла она в начале из двух, а затем из одного ряда тюфяков, загруженных рогожными кулями с землей, и соединена была с левым берегом плетневыми заборами с подкосами из 4-х свай и анкерами. Эти сооружения имели лишь тот успех, что глубина на перекате в 1911 году не падала ниже 4 четвер.». (Отчет по исследованиям реки Кубани 1911—12 года. Инж. В. М. Родевич).

Эти сооружения в настоящее время занесены полностью. Перекат расчерпывался в 1908, 1913 и 1914 г.г. морским снарядом.

При черпании замечено, что при опускании рамы на 3,65 м., сзади снаряда оставалось глубины не более 2,50—2,75 м. После паводков глубины падали до 0,6—0,9 м. Затем перекат расчерпывался в 1924 году. Была исполнена прорезь в течение 25 дней (с 20/IX) шириной в 15 м. и глубиной до отметок 2,00—1,7 м. ниже ординара Азовского моря, объемом около 50.000 куб. мет. (за снарядом же осталась глубина не более

1,30 м. и через две недели упала до 4-х четв.). Длина переката в 1924 г. составляла около 800 м.; ширина 50—100 метр. (см. схем. черт. № 4).

Грунт переката в середине длины его—«печина» (глина), в остальном и верхнем слоях—илистый песок. Перекат все время являлся нормирующим для нижнего участка плеса Краснодар-Темрюк.

2. *Перечень основных наблюдений, производившихся для изучения переката.* Выбор Гусевского переката для наблюдений над ним, из четырех перекатов Петрушина рукава, объяснялся, во-первых, наличием наиболее благоприятных условий для производства работ (сторожка перекатчика, постоянный надзор за перекатом, выгодное расположение относительно главнейших других пунктов гидрометрических работ и близость к городу Темрюку) и, во-вторых, тем, что значительность протяжения его позволяла наблюдать происходящие изменения в большом объеме. Общее освещение режима расходов воды и проносимых взвешенных наносов Петрушина рукава производилось на створе Петрушина рукава в Переволокской узловой гидрометрической станции в расстоянии 3,5 км. выше Гусевского переката. На этом створе были поставлены тщательные планомерные наблюдения над скоростями, расходами воды и проносимыми взвешенными наносами.

Наблюдения над перекатом производились с 1 января 1925 года по 31 марта 1926 года. Однако, в настоящей записке изложены и разработаны данные лишь для периода с 15 апреля 1925 года (времени начала систематических наблюдений на Гусевском перекате) по 31 ноября того же года.

Этим циклом настоящая записка ограничивается, вследствие того, что он является циклом естественного режима рукава. В ноябре месяце 1925 года Дон-Кубанское Управление Внутренних Водных Путей возобновило свою попытку заградить главный действующий рукав реки Кубани—рукав Переволоку,—и закончило таковую с успехом в конце ноября.

Этим самым были внесены крупнейшие изменения в гидрологию и гидрографию всего устья реки Кубани и вызвали ряд необычных и исключительных явлений, далеко выходящих за пределы естественного быта реки.

Произошло резкое перераспределение расходов, образование новых рукавов, размывы старых и, особенно, Петрушина рукава. Одновременно были затоплены берега, осложнялись условия работ и часть их была в силу этого прекращена. Все эти обстоятельства и приводят к необходимости ограничения рассмотрения режима переката указанным периодом.

Наблюдения над горизонтами велись по среднему водомерному посту ежедневно отсчетами в 8 час. утра, одновременно с этим отсчитывались горизонты и на крайних двух водомерных постах для определения уклона, как общего всего переката, так и каждой части в отдельности.

3. *Наблюдения над судоходными глубинами на перекате.* Наименьшие судоходные глубины на перекате промерялись перекатным старшиной как для вывески глубин, так и для обстановки судового хода.

Описанию операций промеров наименьшей глубины судового хода в виду дальнейшего, следует посвятить особое внимание.

Перекатчик косыми галсами об'езжает перекат и промеряет футштоком глубины судового хода и его расположение. На основании этих промеров он обставляет затем судовой ход, шириной от 12 до 20 метров вехами и баканами и наименьшую глубину у краев судового хода обставленной им ширины, уменьшенную в целях безопасности на 5 сант. при низких водах и на 10 сант. при высоких водах, он записывает в ведомость глубин на перекате и вывешивает затем на сигнальной мачте.

Из этого видно, что запись и вывеска глубин на перекате в значительной мере подвержены индивидуальным качествам перекачика и, в зависимости от степени аккуратности, добросовестности и сознания ответственности перекачиков, всегда имеющийся запас в вывешиваемых глубинах может меняться в широких пределах.

При указанном сознании ответственности и обычном и естественном стремлении к уменьшению бремени ответственности, перекачики обычно менее тщательно изучают перекат при повышении горизонтов, т. е. при увеличении глубины и, если расположение судового хода не вызывает необходимости обстановки заново, то они ограничиваются более поверхностным, чем обычно, обездом переката и записывают и вывешивают глубины с большим запасом глубин на безопасность прохода судов.

Эти психологические моменты, силою общего порядка вещей, ни в коем случае не относящиеся к области гидрологии, создают все условия для возникновения явления связи горизонтов на перекатах с глубинами.

Повсеместному развитию этого явления способствует также и то обстоятельство, что перекаты действительно повышаются вместе с уровнем воды на нем; правда, эта связь менее отчетлива, проста и прямолинейна, чем об этом гласят отчеты перекачиков о глубинах, но она все же есть. (См. ниже).

4. *Наблюдения над деформациями Гусевского переката, путем систематических с'емок его.* Эти наблюдения производились с 21 апреля 1925 г. по 13 марта 1926 года. За весь этот период было исполнено 13 с'емок переката. В настоящий обзор, по вышеуказанным обстоятельствам, входит рассмотрение лишь девяти с'емок с 10 апреля по 25 ноября 1925 г.

Систематически заснимавшийся участок Петрушина рукава захватывал Гусевский перекат не полностью, а именно, он захватывал участок его длиной 585 м. по фарватеру, нижнюю и среднюю части переката. Верхняя его часть оставалась незаснятой, вследствие соображений экономии в средствах, удобства работ и возможности зас'емки на одном мензуральном планшете.

Все это имеет, кроме того, основание еще и в том положении, что цель всех этих наблюдений состояла в проведении попытки получения сбалансированного режима наносов на перекате, а не в изучении его морфологии. Таким образом, задачей этих с'емок являлась фиксация через определенные промежутки времени состояния переката и происшедших в результате действия наносов деформаций, для последующего качественного и, по возможности, количественного учета как направления этих деформаций, так и размера.

Основным условием для этого являлось, в целях сохранения однородности и равноточности наблюдений, производство с'емок в пределах одной и той же территории, в одних и тех же точках ее и одними и теми же способами.

Это и было исполнено путем разбивки, на основании предварительной с'емки 21-го марта 1925 года, постоянных створов для промерных профилей и в разработке однообразных приемов и способов как в отношении полевых работ, так и камеральной обработки их.

Постоянные промерные профили в среднем были разбиты через 40 м. Расстояния между соседними точками были приняты везде в 4 метра. Для точного совпадения промеряемых точек, счет метров при промерах всегда велся с одного берега и от одной и той-же точки. Средний промежуток между с'емками за рассматриваемый период был равен около 25 дней и колебался в зависимости от состояния рукава и состояния прочих гидрометрических работ от 19 до 40 дней.

Более полное рассмотрение изменений возможно по составленным запискам и планам переката, снятым в вышеуказанные моменты и находящимся в документах исследований.

5. *Точность количественного учета деформаций и размер деформаций.* Переходя в дальнейшем к количественной оценке деформаций переката, необходимо осветить вопрос о точности этих оценок для возможности критического рассмотрения количественной и качественной сторон деформаций.

Ошибки в промерах слагаются обычно из:

1) ошибок самого промера футштоком, 2) ошибки в подсчетах при срезке глубин; 3) ошибки в подсчетах площадей живых сечений в зависимости от расстояния между точками на профилях и 4) ошибки в подсчетах объемов, в зависимости от расстояний между промерными профилями.

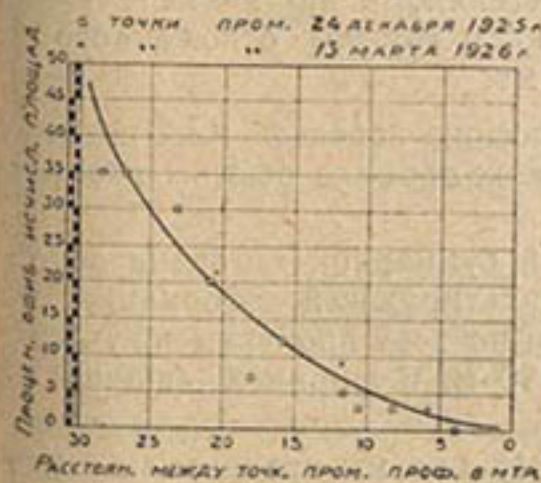
Оценка всех указанных точностей, требующая обычно значительной работы, нами произведена лишь для некоторых промеров и имеет, таким образом, преимущественно иллюстрационное значение.

Ошибки в определении глубин в абсолютных цифрах выражаются при цене деления футштока в 5 сант. в 2,5 сант. При средней за все промеры, глубине на перекате = 1,35 м., средняя ошибка промера составит около $\frac{0,025}{1,35} = 1,85\%$.

Ошибка в подсчетах глубины при срезке равна точности отсчета по рейке и выражается обычно в пределах не более 0,01 м., что составляет относительную ошибку около $\frac{0,01}{1,35} = 0,75\%$.

Для оценки ошибки в подсчетах площадей живого сечения, в зависимости от расстояний между точками на профиле, нами были взяты на профиле № 12 промеры 24 декабря 1925 г. и 13-го марта 1926 года и для них в различных комбинациях расстояний между промерными точками и очерчивании профиля ломаной линией были подсчитываемы площади профиля. Затем определялись разности между подсчитанными площадями; выяснялся режим кривой этих разностей площадей и затем отношение этих разностей площадей в % и было нанесено на нижепомещаемый график.

Профиль № 12



Черт. № 5.

Зависимости ошибок в % в определении площадей от расстояний между точками на профиле при ширине профилей от 50 до 80 м. и средней глубине = 1,50 метр.

Из рассмотрения его явствует, что при расстоянии между точками на профиле в 4,00 м., средняя ошибка в исчислении площадей равнялась 1,5%.

Для оценки ошибок в определении объема воды на перекате, при определенной средней глубине ее, нами были подсчитаны объемы ниже уреза = 0,00 м. по всем 15 профилям, по съемкам, исполненным 1/10 апреля 1925 года, 2/21 сентября 1925 года и 3/21 января 1926 года. Средние отметки переката в это время были соответственно: — 0,582 м.; — 0,666 м.; — 0,507 м.

Затем такие же подсчеты были проделаны по 8 профилям на той же длине и далее по 6,5 и 3 профилям.

Затем по предыдущему исчислились разницы, выяснился режим кривой этих разностей и, имея в виду, что при значительном уменьшении расстояния между профилями, разность становится равной нулю, были подсчитаны отношения в ‰ разности объемов и нанесены на прилагаемый график.

Этим графиком определяется, что при средней глубине воды на перекате для всех промеров равной 1,35 м., среднюю ошибку в подсчетах объемов по 5 профилям при среднем расстоянии между ними в 112 метров можно оценить в 6—8‰.

Таким образом, общая средняя точность количественной оценки деформации переката должна быть оценена в данном случае $100 [1,0185 \times 1,0075 \times 1,015 \times 1,06 (-1,08) - 1] = 10 - 12,5\%$. Для получения сравнимых величин деформаций, все объемы воды определялись в пространстве ниже горизонта воды + 0,50 м. над ордин. Азовского моря.

При этом не учитывались, таким образом, деформации в пространстве между отметками + 0,50 м. и горизонтом воды, но их величина в пределах рассматриваемого цикла должна быть незначительной.

Для исчисления изменения средних отметок фарватера нами, кроме того, сделаны подсчеты объемов воды на урезе ниже 0,00 м. по средним отметкам дна каждого профиля и по всем 15 профилям.

Затем по подсчитанным объемам ниже горизонта + 0,50 м. и 0,00 были определены результирующие объемы происшедших за промежутки времени между соседними промерами деформаций и данные эти изложены в нижеследующей таблице 18.

Надо при этом оговорить то обстоятельство, что в таблице 18 даны лишь результаты деформаций и что, например, за время с 10 июля по 29 июля 1925 года цифра 2.150 куб. метр. означает лишь то, что за этот период преобладали деформации занесения, а не исключительно господствовали. Она означает лишь, что объем грунта, отложенного на перекате, больше унесенного на 2.150 куб. мт.

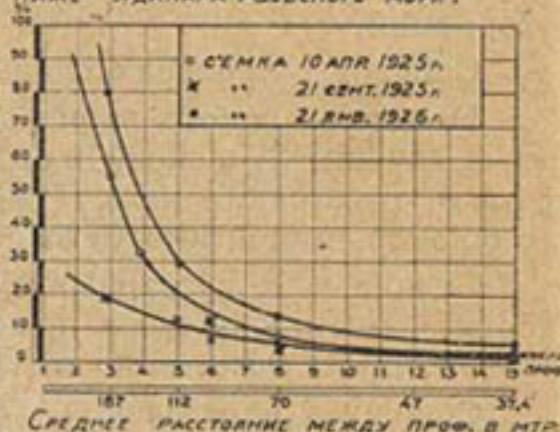
Полная же работа деформаций по занесению переката и его размыву была, несомненно, большой. На одном и том же профиле обычные размывы в одном месте его и обмеление в другом.

Для того, чтобы оценить размеры этой суммарной (где знаки деформации принимаются одноименными) и результирующей деформации, мы исполнили подсчеты деформаций этих видов по всем промерам на участке профиля № 12-й, длиной средней около 90 м. и шириной (длиной по реке)—1,0 мет.

Каждый профиль, начиная с промера 19 мая, мы сравнивали с предыдущим, подсчитывали на 1 п/м. суммарные и результирующие деформации, и затем:

а) в отношении суммарных деформаций, складывали деформации одного промера со всей суммой деформаций предыдущих промеров, считая знаки их везде одноименными;

По подсчетам объемов воды на перекате ниже ординаты Азовского моря.



Черт. № 6.

График зависимости ошибок в подсчетах объемов воды на перекате при разных глубинах ее в зависимости от частоты профилей или расстояния между ними.

б) то же самое проделывали в отношении результирующих деформаций и

в) подсчитывали площади профиля для каждого промера.

Результаты всех этих подсчетов и наложены на графике № 7 деформаций.



Черт. № 7.

График деформаций на профиле № 12 Гусевского переката: а) по сумме деформаций размыва и нанесения, б) по сумме результирующих деформаций и в) разности результирующих деформаций.

с увеличением промежутка времени между конечными и числом промежуточных. Для года он достигает уже 4.400%.

Режим этого процента в среднем, в выравненном виде, может быть представлен в следующей таблице.

Таблица 17.

№№	Промежуток времени между промерами	Отношение суммы деформаций к остаточной	При числе промеров за период.
1	20 дней	1,17	
2	2 месяца	2,10	3
3	6 «	10,60	8
4	10 «	30,00	12
5	12 «	44,00	13

Следует, заканчивая этот вопрос, прийти к выводам:

1. При увеличении числа промеров в промежутках, отношение суммы деформаций будет возрастать.

2. При учащении промеров, это отношение для двух соседних промеров будет близиться к единице.

3. И при этом учащении промеров подсчеты деформаций, при возможных обычных условиях с'емок рек, ничего в отношении донных наносов не дадут и никакого подхода к учету последних не составят.

Этот график интересен тем, что он опровергает утверждение о том, что подсчеты деформаций могут быть некоторым и даже первым подходом к учету донных наносов.

Можно подумать, рассматривая график площадей живого сечения, что на основании промеров, хотя бы 20 марта и 17 августа 1925 года, все деформации составили около 8 куб. мт., т. е. что за это время работа деформаций выразилась в смыве 8 куб. метр. На самом же деле к этому времени полная (но далеко еще не действительно полная) работа деформаций составила 134 куб. мт., т. е. в 16,7 раза больше или на 1.670%. Этот процент будет непрерывно увеличиваться вместе

Гусевский перекал.

Таблица 18.

№ №	Дата промера	Об'емы воды на перек. в куб. мт.		Разница в объемах воды на пе- рекатах в куб. метр. для				Ср. абсол. отн. Гус. пер. отн. ор. Азов. моря в м. для об'ема ниже 0,00 м. мин.	Примечание
		Ниже уреза 0,00 мт. отн. ордин. Азовского моря	Ниже уреза + 0,50 м. отн. ор. Азовского моря	Об'емов ниже уреза 0,00 м. отн. ордин Азовского моря.		Об'емов ниже уреза + 0,50 м. отн. ордин Азовского моря.			
				Разм.	Напес.	Разм.	Напес.		
	1925 г.								
1	21 марта . . .	14.886	25227	—	2577	—	37	0,692	
2	10 апреля . .	12.309	25190	—	2218	—	2590	0,582	
3	19 мая	10.091	22600	—	—	—	—	0,569	
				1300	—	3200	—		
4	18 июня . . .	11.391	25800	—	—	—	—	0,530	
				—	883	—	2140		
5	10 июля . . .	10.508	23660	—	—	—	—	0,489	
				—	2710	—	2150		
6	29 июля . . .	7798	21510	—	—	—	—	0,362	
				3970	630	3370	—		
7	18 августа .	11.768	24880	—	—	—	—	0,548	
				2437	—	1640	—		
8	21 сентября .	14.215	26520	—	—	—	2680	0,665	
				—	409	—	—		
9	13 октября .	13.806	23814	357	—	2341	—	0,638	
10	25 ноября . .	14.163	26155	—	—	—	—	0,662	
					13563	—	10455		
11	24 декабря . .	600	15700	—	—	—	—	0,030	
				10216	—	12910	—		
	1926 г.								
12	21 января . .	10.816	28610	—	—	—	—	0,507	
				6348	—	3790	—		
13	13 марта . . .	17.164	32400	—	—	—	—	0,802	

Примечание I-е. Разница в объемах воды по промерам 21 марта и 10 апреля дана приближенно, так как промер 21 марта сделан на меньшей длине.

Примечание II-е. Перекал в это время расчерпывался (см. параграф № 7); к 18 августа извлечено из перекал 4.000 куб. метр. и к 21 сентября около 1.400 куб. метр.

6. *Зависимость глубин переката.* Произведенная обработка данных о деформации переката позволяет коснуться старого вопроса о зависимости глубины на перекате от изменений горизонтов.

Инж. В. А. Макаров в начале 90-х годов прошлого столетия представил 2-му гидротехническому съезду доклад о таковой зависимости для перекатов реки Волги.

Оперируя материалом наблюдений перекатных старшин, он стремился доказать, что горизонты в реке и глубины на перекате находятся в прямолинейной зависимости.

Доклад этот возбудил огромный интерес среди русских деятелей по водным путям, нашел ряд защитников и противников и вызвал ряд самостоятельных исследований, среди которых следует отметить работы инженера В. К. Клейбера и Л. И. Квицинского.

Несмотря на широкий интерес к этому вопросу, в развившейся дискуссии, однако, так и не было сказано последнего слова, вследствие того, что материала систематического по этому вопросу, собранного путем организации специальных инструментальных наблюдений, собрано так и не было.

Да и сам вопрос обсуждался лишь для перекатов одной Волги, поэтому едва ли лишен будет интереса опыт проверки этого положения на Гусевском перекате в условиях реки, резко отличной от реки Волги.

Необходимо, конечно, вновь обратить внимание на то, что рассматриваемое время режима Петрушина рукава нельзя назвать в гидрологическом отношении обычным и естественным, в силу изменений, внесенных как черпанием, хотя и незначительным, так и изменением режима всего устья после заграждения реки Переволоки.

На прилагаемом графике нанесены зависимости от горизонтов по среднему водомерному посту переката:

1. График отметок глубины по фарватеру по промерам перекаточного (линии 1—1) относительно ординара Азовского моря в метр.

2. Для сравнения с 1-м, график средних отметок части русла реки, заключенной между горизонталями 0,00 и ниже (линия 2—2) по инструментальным промерам.

3. График колебаний отметок наименьших глубин на фарватере по данным с'емок.

4. График изменения средних отметок всего переката:
(См. чертеж графика на обороте).

Из рассмотрения этого графика можно сделать следующие заключения:

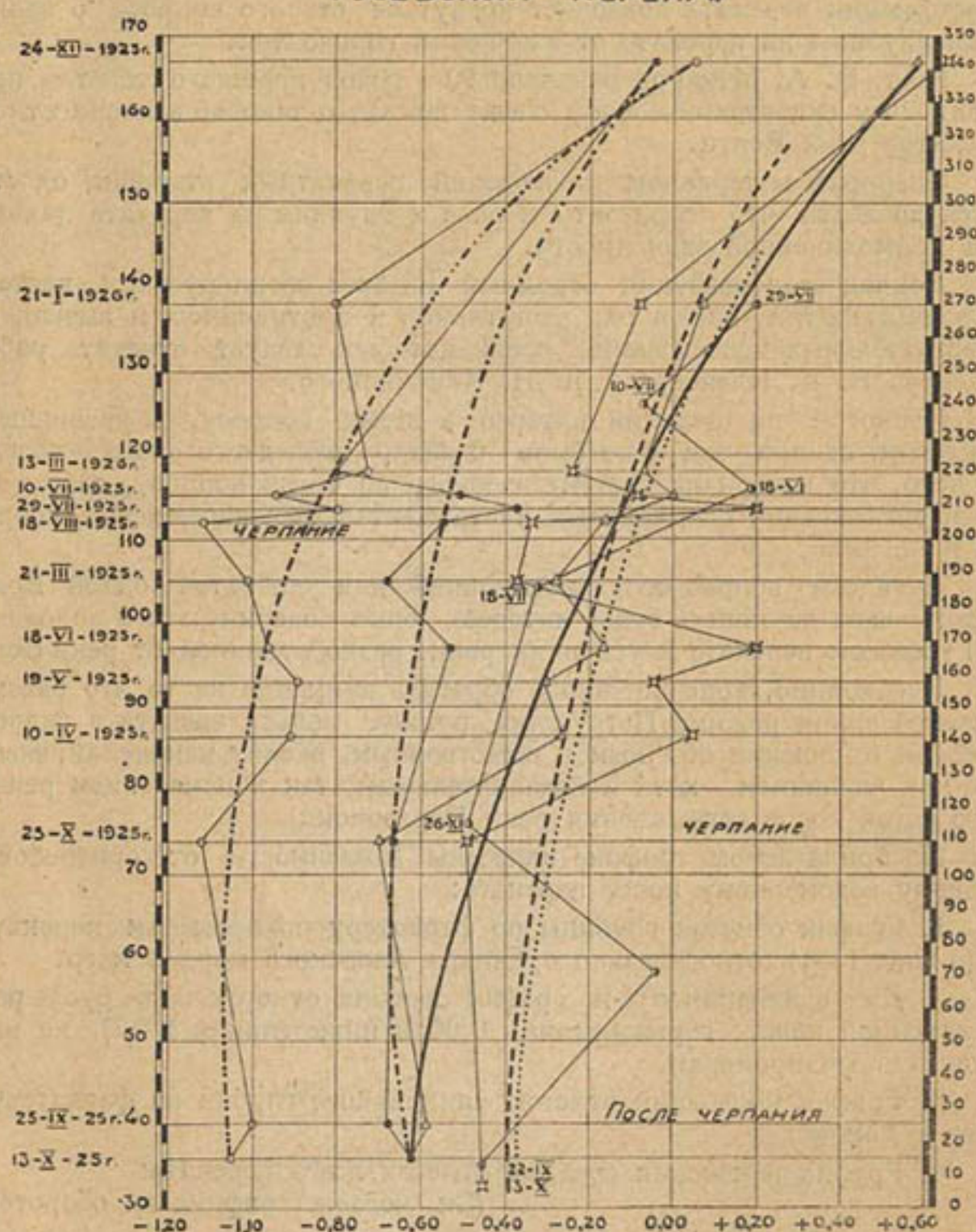
1. При рассмотрении графика во всей совокупности точек можно говорить о некоторой тенденции к нарастанию переката с повышением горизонтов. Эта тенденция при этом более ясно (видимо, по вышеупомянутым причинам) вырисовывается по наблюдениям перекаточного.

2. Следует признать одновременно общее совпадение, общность режима ломаных как по наблюдениям перекаточного, так и по графику абсолютных отметок наиболее мелководного профиля переката.

3. Не менее устойчивая зависимость и физически более правильная наблюдается между глубинами на перекате и расходами проносимых через перекаат наносов.

ГУСЕВСКИЙ ПЕРЕКАТ

Горизонт по водомерному посту Гусевского переката в смт. над орд. Азовск. моря.



Отметки переката в мтр. относит. орд. Азовского моря.

- — — — — Отметки по глуб. фарват. (наблюд. перекал.).
- - - - - Сред. отм. наиболее мелкого проф. перек.
- . - . - . - Сред. отм. всего перек. на уреве ниже + 0,50 мтр.
- - - - - Отметки наименьш. глубины на перекате.
- Средний отметка наиболее мелкого профиля перек. в зависим. от расход. наносов на перекате.

Черт. № 8.

График колебаний отметок переката в зависимости от горизонтов воды и расходов проносимых через перекал наносов.

Инж. Б. А. Мацман.

Регулирование работы подпорных сооружений и учет этого при проектировании их.

§ 1. Введение. При изложении имеется в виду подпорное сооружение с отверстием в один или в несколько пролетов, перекрытых щитовыми затворами.

Порог сооружения имеет стенку падения высотой P , но может ее и не иметь (черт. № 9). Сооружение может быть расположено на потоке, который имеет донные и взвешенные наносы или только последние.

В верхнем бьефе сооружения располагаются головы левобережных и правобережных каналов, забирающие из него воду в целях орошения земель и снабжения населения питьевой водой. В зимнее время, обычно, преследуется лишь последнее.

Для регулирования расхода воды в каналах, головы их снабжаются шлюзами, называемыми боковыми регуляторами. Боковые регуляторы работают как боковые водосливы. Во избежание попадания донных наносов из потока в каналы, боковые регуляторы снабжаются порогами высотой от 0,80 мт. и более.

При отсутствии донных наносов надобность в устройстве порогов отпадает. Чем выше пороги регуляторов, тем больше напор подпорного сооружения. При ограниченной величине напора отверстие боковых регуляторов тем больше, чем выше делаются их пороги.

Устройством на потоке подпорного сооружения описанного типа преследуется цель—держать горизонт воды в верхнем бьефе его на высоте, необходимой для работы боковых регуляторов с возможностью одновременного пропуска излишнего расхода воды в потоке в нижний бьеф сооружения.

В подпорном сооружении возможно наметить следующие части его:

а) Верхний бьеф, состоящий из подводящего русла и из понурой части с верховыми крыльями самого сооружения;

б) среднюю часть, которая при помощи щитов сопрягает верхний и нижний бьефы и регулирует степень этого сопряжения. Эту часть возможно назвать для краткости—регулятором;

в) нижний бьеф, состоящий из крепления его (водобой и сливная часть), которое переходит затем в отводящее русло.

Назначение первой части подвести воду к сооружению со скоростями без размыва берегов и без отложения наносов; второй—регулировать работу верхнего и нижнего бьефов; третьей—безопасно перевести струю воды с максимальной скорости V_c на бытовую— V_2 отводящего русла.

При работе сооружения верхней и нижней бьефы его находятся в тесной энергетической связи. Верхний бьеф при помощи регулятора заряжается по преимуществу потенциальной энергией, а нижний бьеф — кинетической, в которую регулятором переводится излишек потенциальной энергии в верхнем бьефе.

В зависимости от степени напряженности бьефов находится и изнашиваемость сооружения. Строгий «режим экономии» в этом отношении может значительно продлить жизнь сооружения (амортизационные сроки) и уменьшить текущие расходы по ремонту. Поэтому правильное регулирование работы сооружения должно заслуживать к себе весьма значительного внимания. Цель настоящей статьи — отметить не только общую связь в работе верхнего и нижнего бьефов сооружения, для установления основных правил регулирования работы сооружения, но также и то обстоятельство, что эти правила не должны упускаться при проектировании сооружения. Учет этого при проектировке сооружения значительно облегчит при эксплуатации сооружения регулировку его работы.

§ 2. Работа сооружения. Работу подпорного сооружения возможно рассматривать, как использование потенциальной энергии верхнего бьефа для поставленных сооружению целей без отложения наносов в верхнем бьефе и с возможно малым получением кинетической энергии струи в нижнем бьефе.

Для удобства изложения, работу сооружения рассматриваем далее по отношению к каждому бьефу.

А. Верхний бьеф. Подпор воды в верхнем бьефе изменяет бытовые условия потока в сторону снижения бытовых скоростей, что может быть связано с увеличением отложений донных и взвешенных наносов перед самим сооружением и в подводящем русле.

Если удельная потенциальная энергия верхнего бьефа равна H , а для бытовых условий h_2 , то имеем:

$$\eta_{\text{в}} = \frac{H - h_2}{H} \dots \dots \dots (1)$$

Величину $\eta_{\text{в}}$ возможно назвать коэффициентом вредного действия работы верхнего бьефа.

Величина $\eta_{\text{в}}$ по длине верхнего бьефа меняется от $\eta_{\text{в}} = 0$ в верхнем конце кривой подпора до своего максимального значения у сооружения.

В дальнейшем изложении будет иметься последнее значение $\eta_{\text{в}}$.

Потенциальная энергия верхнего бьефа равна

$$N = \gamma Q H \dots \dots \dots (2)$$

Работа, совершаемая верхним бьефом сооружения, равна

$$N_{\text{в}} = \eta_{\text{в}} N = \gamma Q (H - h_2) \dots \dots \dots (3)$$

Эта работа совершается сооружением за счет кинетической энергии потока, вследствие чего скорость воды в нем падает, что, с точки зрения полезности, является вредным, в смысле отложения наносов в верхнем бьефе, и отсюда название коэффициента $\eta_{\text{в}}$. Для одного и того же расхода воды в бьефе глубина h_2 является постоянной величиной и, следовательно, коэффициент вредности зависит исключительно от напора H .

Всякое увеличение напора H связано с увеличением γ_n при $Q = \text{Const}$. На потоках со значительным количеством донных и взвешенных наносов подпорное сооружение в своем верхнем бьефе тем лучше будет работать, чем меньше γ_{in} .

На потоках с одними взвешенными наносами увеличение γ_{in} может быть допущено в более значительных пределах, чем на потоках с донными.

Отложившиеся перед сооружением, по тем или иным причинам, наносы подлежат удалению. Это обычно связано бывает с усилением погонного расхода q_c в одних пролетах за счет уменьшения q_c в других.

Закрытие одних пролетов и открытие других аналогично уменьшению глубины h_2 перед первыми и увеличению ее перед вторыми, что дает в первом случае увеличение q_c , а во втором—уменьшение. Вследствие этого, вблизи сооружения перед закрытыми пролетами будет наблюдаться отложение наносов, а перед открытыми—удаление их течением.

Такого рода операцией—частичной промывкой, удалить можно наносы, отложившиеся перед самым сооружением, но не всегда из подводящего русла.

Для достижения последнего тогда необходимо прибегать к полной промывке. Для этого необходимо коэффициент вредности снизить до $\gamma_n = 0$, что может лишь быть при $H = h_2$, как то следует из уравнения (1). Следует иметь в виду, что полная промывка бьефа от наносов достигает цели лишь при расходах воды q немного больших, чем те, при которых они отложились.

Б. Нижний бьеф. Потенциальная энергия верхнего бьефа, по отношению к плоскости дна нижнего бьефа, равна $H + P$, где P —высота стенки падения. Потенциальная удельная энергия в наиболее сжатом по высоте сечении струи c —с равна h_c . По аналогии с предыдущим коэффициент «вредного» действия работы сооружения, по отношению к нижнему бьефу его, равен

$$\gamma_{in} = \frac{H + P - h_c}{H + P} \quad (4).$$

Наличие стенки падения, увеличивая γ_{in} , ухудшает условия работы нижнего бьефа. При $P = 0$ имели бы

$$\gamma_{in} = \frac{H - h_c}{H} \quad (5)$$

Потенциальная энергия равна

$$N = \gamma Q (H + P) \quad (6).$$

Работа, совершаемая сооружением в нижнем бьефе, равна

$$N_n = \gamma_{in} \cdot N = \gamma Q (H + P - h_c), \quad (7)$$

или при $P = 0$

$$N_n = \gamma_{in} \cdot N = \gamma Q (H - h_c). \quad (8)$$

Работа N_n совершается за счет перехода потенциальной энергии в кинетическую и является вредной для нижнего бьефа сооружения, и потому, чем меньше γ_{in} , тем в лучших условиях находится нижний бьеф его.

Из уравнений (4 и 5) вытекает, что изменение γ_{in} связано с величинами H и h_c , так как для построенного сооружения $P = \text{Const}$.

Зависимость величин H и h_c друг от друга и от расхода воды q_c определяется из уравнения (проф. Б. А. Бахметьев):

$$\frac{q_c}{h_c} = \varphi \sqrt{2g(H + P - h_c)} \quad \dots \dots \dots (9).$$

При $q_c = \text{Const}$ из уравнения (9) следует, что чем больше напор H , тем меньше h_c и, следовательно, с увеличением H числители в уравнениях (4 и 5) возрастают сильнее, чем знаменатели, т. е. величина $\eta_{\text{в}}$ имеет прямую зависимость от напора H . В силу этого всякое уменьшение напора H , уменьшая величину h_c , благоприятствует жизни сооружения. Не трудно видеть из уравнения (9), что при $H = \text{Const}$, с уменьшением расхода q_c глубина h_c тоже уменьшается и коэффициент вредности, благодаря этому, возрастает. При весьма малых значениях q_c (минимальные расходы сооружения) коэффициент $\eta_{\text{в}}$ близок к единице, т. е. к своему максимуму. При многих пролетах отверстия сооружения, то или другое распределение расхода по пролетам заставляет работать их с различными коэффициентами вредности $\eta_{\text{в}}$.

В. Из изложенного в настоящем параграфе вытекает, что коэффициенты вредности работы верхнего и нижнего бьефов имеют прямую зависимость от напора H и обратную от расхода q_c .

§ 3. Регулирование работы подпорного сооружения. Из изложенного ранее вытекает, что регулирование работы сооружения должно сводиться:

- а) к установлению возможно малой величины напора H , действительно необходимой для выполнения сооружением своего назначения;
- б) к рациональному распределению расхода q_c по пролетам отверстия сооружения.

А. Регулирование работы верхнего бьефа. В случае, когда бытовой режим потока для работы боковых регуляторов требует подпора воды, то минимальная величина напора H диктуется условиями использования его для работы боковых регуляторов.

Наибольший расход воды поступит в боковой регулятор при работе его, как водослива (постулат Беланже), т. е. минимальный напор H определится из этого условия. При наличии нескольких боковых регуляторов с одинаковыми условиями работы их, они должны всегда работать, как водосливы при подпертых горизонтах нижнего бьефа.

Если же гидравлические условия одновременно работающих боковых регуляторов не одинаковы (разные расходы воды, пороги и т. д.), то величина наименьшего возможного напора устанавливается по боковому регулятору с невыгоднейшими по отношению к H условиями забора воды. При этом боковые регуляторы с более выгодными условиями забора воды, если не все, то некоторые, будут работать истечением жидкости из отверстия.

Следовательно, первым необходимым признаком правильно отрегулированного верхнего бьефа в отношении напора подпорного сооружения является наличие, по крайней мере, одного бокового регулятора, работающего, как водослив.

Наличие работы всех боковых регуляторов истечением через отверстие указывает, что верхний бьеф отрегулирован неправильно, т. е. напор H держится более необходимого. В этом случае коэффициенты вредности η , $\eta_{\text{в}}$ будут увеличены без надобности.

В случае, когда бытовой режим потока для работы регуляторов не требует подпора, то верхний бьеф вообще не требует никакой регулировки.

Щиты подпорного сооружения в это время могут быть подняты совсем и коэффициент вредности $\eta_{\text{в}} = 0$, если отверстие сооружения само по себе не вызывает подпора бытового режима. Боковые регуляторы в это время могут работать как водосливы и через истечение из отверстия. Распределение расхода Q по ширине отверстия весьма важно для работы верхнего бьефа при потоках со взвешенными и с донными наносами.

Движение донных наносов совершается обычно при значительных расходах воды.

Достаточная по величине бытовая глубина потока позволяет держать напор H при весьма малом подпоре $H - h_2$ бытового режима, так что донные наносы проходят, не задерживаясь перед сооружением. В этом случае регулировка сводится к равномерному распределению расхода по ширине отверстия. При средних расходах воды с донными наносами для поддержания необходимого напора H , щиты сооружения приходится опускать сильнее и увеличивать подпор воды $H - h_2$, благодаря чему создаются условия для отложения влекомых наносов перед сооружением. В силу того, что крупность этих наносов меньшая, чем крупность наносов при значительных расходах, на отложение их перед сооружением возможно пойти с условием возможности удаления их частичною промывкою. С этой целью расход q_0 увеличивается в крайних пролетах за счет уменьшения его средних. Коэффициент $\eta_{\text{в}}$ вследствие этого уменьшается для первых и увеличивается для вторых.

По удалении наносов у крайних пролетов, производится удаление их таким же образом у средних. Время от времени следует назначать полную промывку всего верхнего бьефа от наносов. Для этой цели верхний бьеф заставляют работать с коэффициентом $\eta_{\text{в}}$, близким к нулю при одинаковом открытии всех пролетов. В целях ускорения промывки возможно доводить $\eta_{\text{в}} < 0$, т. е., допуская кривую спада в верхнем бьефе, что легко может быть осуществлено при наличии P (черт. № 9). При малых расходах обычно вода идет в потоке светлая, или с малым содержанием взвешенных наносов. Коэффициент $\eta_{\text{в}}$ в этом случае безопасно увеличивать, не создавая все же H более необходимого для боковых регуляторов. При весьма малых расходах сооружения, в целях избежать лишнего маневрирования со щитами, возможно крайние пролеты закрыть наглухо, пропуская струю через средние.

Б. Регулирование работы нижнего бьефа. Регулирование работы нижнего бьефа производится после того, как отрегулирован верхний бьеф, т. е. установлена наименьшая необходимая величина напора H . Следовательно, величина H от регулировки нижнего бьефа не зависит и регулирование его сводится к правильному распределению расхода Q по пролетам отверстия.

Для многопролетных сооружений могут быть следующие случаи:

а) Все пролеты одновременно работают с одинаковым погонным расходом q_0 . Этот случай будет наиболее благоприятным для работы нижнего бьефа, т. к. при этом достигается равномерное распределение струи по ширине бьефа и лучшие условия затопления ее.

Реально указанный случай выполняется: 1) при проходе значительных паводковых вод, когда сооружение работает всем отверстием, как водослив; 2) при одинаковом открытии всех щитов сооружения, когда сооружение работает истечением из отверстия.

В первом примере условия промывки верхнего бьефа удовлетворяются полностью, во втором — при средних и при малых расходах они

могут быть неудовлетворительны. Поэтому приходится, в целях сохранения интересов верхнего бьефа в ущерб интересам нижнего, переходить к следующим случаям регулировки.

б) Средние пролеты работают, крайние закрыты наглухо. По сравнению с предыдущим случаем, здесь равномерность распределения струи по отверстию сооружения и в нижнем бьефе нарушена с тем, чтобы вызвать удаление из верхнего бьефа наносов, отложившихся перед средними пролетами, путем направления струй воды через них.

В нижнем бьефе это вызовет образование двух береговых полостей А, которые в зависимости от бытового режима потока могут быть незаполненными или заполненными водой. Подробно это отмечено в моей статье «Гидравлический расчет нижнего бьефа сооружений», помещенной в № 2 «Вестника Ирригации» за 1928 год. При незаполнении полостей А водой в них получается свободное растекание струи (черт. № 1). При истечении из-под щитов величина начальной удельной потенциальной энергии струи $Z_1 = h_c$ сравнительно невелика, и сечение $S_1 - S_2$, в котором сечение русла полностью заполнено водой, может быть относительно далеко отодвинуто от щитового отверстия сооружения, по сравнению со случаем «а».

При заполнении полостей А водой в них образуются водовороты с вертикальной осью вращения (черт. № 2).

Водовороты, сжимая струю с боков, приближают ее условия к условиям протекания ее с несвободным боковым растеканием. Условия последнего автором приведены в статье «Приближенный подсчет ширины и глубины струи в зависимости от длины ее», помещенной в № 3 «Вестника Ирригации» за 1928 г. В силу бокового сжатия струи водоворотами создаются условия концентрации струи и сохранения вредных для нижнего бьефа скоростей ее на большей длине по сравнению со случаем «а». С другой стороны, на образование береговых водоворотов струя затрачивает часть своей кинетической энергии, и скорость ее вследствие этого уменьшается.

Если выгоды последнего обстоятельства покрывают невыгоды первого, то этот случай регулирования для данного расхода воды надлежит считать наивыгоднейшим.

В случае, если водовороты настолько сильно сжимают струю, что повышение скоростей в ней от этого не оправдывается потерями ее на вращение водоворотов, то надлежит перейти на следующий случай регулировки сооружения.

в) Средние пролеты работают с расходом q_c большим, чем у крайних пролетов.

Для уменьшения сжатия струи водоворотами, прибегают, если не к полному уничтожению их, то во всяком случае к значительному ослаблению действия водоворотов, через пропуск части расхода воды в крайние пролеты. Расход крайних пролетов в этом случае по сравнению с расходом средних пролетов не велик. В № 10 «Вестника Ирригации» за 1926 год инж. С. И. Сыромятников в статье «Описание действия отбойных (распределительных) ребер Тедженской плотины» указывает, что расход воды крайних пролетов для гашения береговых водоворотов не превосходил 20% основного расхода сооружения.

Конечно, в каждом отдельном случае для разных расходов сооружения это соотношение может меняться, и должно быть выяснено при регулировке работы сооружения.

Примечание: Отрицательная сторона случаев регулировки «б» и «в» та, что в верхнем бьефе перед крайними пролетами будет происходить отложение наносов (больше для случая «б», чем для случая «в»).

За об'емом отложения наносов необходимо следить промерами. Если накопление наносов будет грозить перекачиванию их через пороги боковых регуляторов, необходимо перейти к случаям регулировки «г» и «д».

г) Крайние пролеты работают, средние — закрыты наглухо.

По сравнению со случаями «б» и «в» наносы в верхнем бьефе перед крайними пролетами будут смываться в нижний бьеф, но зато перед средними пролетами будет наблюдаться отложение их.

В верхнем бьефе отложение наносов перед средними пролетами возможно допускать большее, чем в случаях «б» и «в», так как это до некоторых все же пределов не грозит попаданием их в боковые регуляторы. Чем продолжительнее работа крайних пролетов, тем это в общем благоприятнее для работы верхнего бьефа (боковых регуляторов).

В нижнем бьефе обе крайние струи не имеют бокового растекания в сторону берегов, в случае, если ширина отверстия мало отличается от ширины нижнего бьефа по дну, и таковое совершается в сторону средних протесов, т. е. глубина струи Z убывает от берега к оси нижнего бьефа.

В этом случае создается впечатление «прилипания» струи к берегу. Для крепления нижнего бьефа в этом случае важно то, что значительная масса воды идет вдоль берега. Это способствует меньшим потерям скоростей воды в струе по линии берега, и в результате этого струя со значительными скоростями может выйти за пределы крепления откосов и тем самым обусловить размыв неукрепленных откосов.

Полость А между левой и правой струей получает значительное развитие и может, в зависимости от режима нижнего бьефа, быть незаполненной (черт. № 3) или заполненной водой. Это не исключает наличия и промежуточных форм заполнения полости А. При заполнении полости А водой в ней образуются два водоворота (вихря) с вертикальной осью вращения (черт. № 4). Каждый из водоворотов вращается в сторону наибольшей скорости V_c граничащей с ним струи. Оба водоворота, сжимая соответствующие им струи воды крайних пролетов, могут вследствие этого усилить имеющуюся уже концентрацию струй у линии берегов и вызвать тем нежелательные размывы. С другой стороны, водовороты полости А на свое вращение отнимают у струи часть кинетической энергии ее, и тем самым способствуют уменьшению скоростей в ней. Если выгоды последнего не покрывают невыгод первого, то надлежит перейти к следующему случаю регулировки «д».

д) Крайние пролеты работают с расходом q_c большим, чем у средних пролетов. Для уменьшения вредного действия водоворотов в полости А на крайние (на левую и на правую) струи воды, прибегают в этом случае к пропуску части расхода сооружения через средние пролеты. Расход через средние пролеты для этой цели, судя по случаю регулировки «в», по сравнению с расходом Q крайних пролетов, может быть невелик. В каждом индивидуальном случае для данного расхода и напора сооружения дозировка средних пролетов, по сравнению с крайними, должна быть установлена путем непосредственной пробы.

Примечание к случаям регулировки «г» и «д». Из изложенного в этих пунктах вытекает, что усиление расхода в крайних пролетах связано для нижнего бьефа с концентрацией левой и правой струи в наиболее уязвимой части его — по линии берегов. В силу этого действие регулирования в случаях «г» и «д» необходимо контролировать в отношении состояния берегового крепления нижнего бьефа на предмет своевременного текущего ремонта его. Своевременный текущий ремонт обходится не дорого, но если небольшое в начале повреждение берегового крепления или неукрепленного берега запущено, то исправление его может потребовать уже значительной затраты времени и средств. Это правило, свойственное вообще для всяких сооружений, особенно нужно помнить при эксплуатации гидротехнических сооружений для нижнего бьефа их.

Непосредственно из изложенного следует, что случай «г» по сравнению со случаем «д» для нижнего бьефа более неблагоприятен.

Поэтому к случаю «г» следует прибегать лишь в крайности, когда упущена своевременная частичная промывка наносов перед крайними пролетами и по незначительности расхода воды сооружения в этот момент времени применение случая «д» не достигает цели, а возможно лишь частичную промывку сделать через концентрацию всего расхода воды в крайних пролетах с неперменным условием усиления надзора за креплением берегов нижнего бьефа.

Поэтому наличие регулировки сооружения по «г», в целях частичной промывки верхнего бьефа, вообще указывает на возможность отсутствия надлежащего технического надзора за работой верхнего бьефа сооружения.

е) Работают левые пролеты а правые закрыты наглухо или наоборот.

При этом условии создается в нижнем бьефе сильнейшая несимметричность струи со значительно развитой полостью А, которая может быть не заполнена (черт. № 5) или заполнена водой (черт. № 6). Настоящий случай аналогичен случаю «в». Разница лишь в том, что в случае «в» имелось две несимметричных струи, а в случае «е» — одна.

Невыгоды случая «в» разобраны были выше, а в случае «е», грубо говоря, эти невыгоды усиливаются вдвое.

Струя воды в случае «е» получает более сильную концентрацию воды вдоль линии одного берега нижнего бьефа, что дает возможность продвигаться ей с меньшими потерями скорости, так как доля смоченного периметра на единицу живого сечения в этом случае менее, а потери энергии на «трение» в значительной степени зависят от этого соотношения, называемого гидравлическим радиусом — $R = \frac{S}{P}$.

Сечение $S_1 - S_2$, в котором струя заполняет полностью сечение русла бьефа, может в случае «е» значительно отодвинуться по течению вниз, сравнительно со случаем «б», т. е. струя воды может выйти за пределы имеющегося крепления бьефа и обусловить нежелательные размывы неукрепленного берега и дна в низовой части крепления.

Случай «е», по сравнению со случаем «б», разобран в целях наглядности ниже на соответствующем цифровом примере.

Прибегать в регулировании работы сооружения к случаю «е» поэтому не стоит, тем более, что в обычных сооружениях подпорного типа этот случай иногда не берется в расчет, так как для полного регулирования работы верхнего и нижнего бьефов достаточно случаев регулировки от «а» до «д» включительно.

Поэтому регулировка работы сооружения по случаю «е» является показателем, что технический надзор по эксплуатации сооружения ослаблен или же совершенно отсутствует.

В. Из изложенного в настоящем параграфе, а особенно наглядно из сравнения чертежей от № 1 до № 6, вытекает, что регулирование работы подпорного сооружения сводится, по существу, к четырем основным видам ее — «а», «б», «г» и «е», а виды регулировки «в», «д» представляют лишь смягченные виды регулировки «б» и «г».

Не трудно также видеть, что несимметричную струю возможно рассматривать как симметричную, введя вместо стенки К — К (берега) зеркальное изображение струи (черт. № 7 и черт. № 8).

После этого струю вместе с ее зеркальным изображением возможно рассматривать как симметричную струю, применяя к ней выводы, сделанные мною для симметричной струи в статьях «Гидравлический расчет нижнего бьефа сооружений» и «Приближенный подсчет ширины и глубины струи, в зависимости от ее длины на коротких участках открытого русла».

Таким образом, рассмотрение всех случаев регулировки с несимметричной струей возможно свести к рассмотрению случая с симметричной струей. Соответственно этому следует считать, с точки зрения расчета, основными лишь два типа регулировки, а именно—случай «а» и случай «б».

Первый случай дает типы нижнего бьефа № 1, 2, 7, а второй—типы нижнего бьефа № 3, 4, 8.

Переход при расчете с размеров несимметричной струи на размеры симметричной струи в достаточной степени иллюстрируется чертежами от № 1 до № 7 включительно.

§ 4. Учет возможности регулирования работы верхнего бьефа при проектировании сооружения. По характеру наносов верхние бьефы подпорных сооружений возможно разбить на три типа: а) тип № 1—с донными наносами; б) тип № 2—со взвешенными наносами; в) тип № 3—без наносов.

Само собою разумеется, что первого типа бьефа в чистом виде в природе нельзя встретить, т. к. обычно влечение донных наносов сопровождается взвешенными наносами. В лабораторной обстановке 1-й тип возможно осуществить. Сооружение на потоке может при работе иметь: при больших расходах 1-й и 2-й типы, при средних—2-й тип, и при малых—3-й тип. 3-й тип не представляет особого интереса и потому в дальнейшем не рассматривается.

а) *Тип верхнего бьефа № 1.* При проектировании подпорного сооружения на потоке с донными наносами, центральным вопросом является определение величины отверстия подпорного сооружения и боковых регуляторов. При назначении малой ширины отверстия сооружения со значительным подпором бытового режима потока, в целях уменьшения стоимости сооружения и стоимости боковых регуляторов, появляется значительная опасность накопления донных наносов перед сооружением, которые удалить уже будет невозможно никакими промывками. Во избежание хронического накапливания наносов, поэтому необходимо отверстие сооружения назначать с таким расчетом, чтобы коэффициент вредности при полном подеме щитов был бы близок $\eta_n \approx 0$. При наличии этого условия рабочий напор сооружения возможно, опуская щиты, держать уже при коэффициенте $\eta_n > 0$, что позволит сэкономить на величине отверстий боковых регуляторов и дать им пороги не менее $p = 1,0$ мтр. В этом случае накапливание наносов перед сооружением при рабочем напоре вследствие $\eta_n > 0$ не опасно, так как они могут быть удалены путем частичной промывки описанной выше, а накапливание наносов в подводящем русле возможно устранять время от времени путем полной промывки его при $\eta_n \approx 0$.

Если бытовые горизонты потока позволяют при экономически умеренной ширине отверстия боковых регуляторов дать им высоту порога $p = 1,0$ мтр., то рабочим напором сооружения явится тогда бытовая глубина потока. В этом случае отверстие сооружения и, следовательно, верхний бьеф его могут быть запроектированы при $\eta_n = 0$. Это дает ту выгоду, что необходимость в операции полной промывки бьефа сооружения отпадает, т. к. промывка совершается тогда во все время работы

сооружения при этом типе бьефа. При значениях $\eta_a = 0$ во время паводковых значительных расходов запроектированы были в свое время Фергупром отверстия плотин Ассакинского и Найманского узлов на Шарихан-сае. Первая из них Фергупром выполнена постройкою, вторая заканчивается ею в начале 1928 года.

Если режим потока в значительной степени совпадает с требованиями забора воды боковыми регуляторами, то при хорошем состоянии русла потока возможно и не строить подпорного сооружения, оставляя коэффициент $\eta_a = 0$ для всех расходов потока и снабжая боковые регуляторы временными порогами в виде шандор, опускаемых при паводковых расходах и вынимаемых при зимних. На таком принципе запроектирован и выстроен в 1926 году Фергупром Ходжеватский узел, не имеющий подпорного сооружения, так как роль его полностью выполняет крепкое галечное русло сая, т. е. в этом случае достигается идеальное приспособление работы боковых регуляторов к режиму потока без значительных затрат на это, что является не намеком на узел, а идеальным узлом, так как работа верхнего и нижнего бьефа всегда осуществляется с коэффициентами $\eta_{ia} = 0$, $\eta_{ia} = 0$.

При проектировании верхнего бьефа сооружения, однако, не всегда приходится иметь дело с резко выраженным руслом. Во многих случаях горный поток, выйдя в долину, имеет широкое русло с весьма значительным уклоном дна (около $I = 0,01$) и с малым наполнением его по глубине. При проектировании подпорного сооружения на таком потоке при $\eta_a = 0$ при полной промывке русла, отверстие его получает весьма значительные размеры. Уменьшение же ширины отверстия увеличивает η_a во время полной промывки и грозит невозможностью производства ее. Поэтому в таких случаях проектировщику необходимо соблюдать крайнюю осторожность при желании сэкономить на отверстии сооружения. Эта осторожность должна выразиться в виде отдельного проекта подводящего русла со скоростями, обеспечивающими движение донных наносов.

Для составления такого проекта необходимо иметь точные данные о расходах потока, о крупности передвигаемых ими наносов и о скоростях воды, соответствующих этому.

После того как такое русло запроектировано и поток сжат до допустимых пределов, возможно перейти к определению величины отверстия сооружения при $\eta_a = 0$ для запроектированного русла. На таком, примерно, принципе спроектировано УВХ Ср.-Азии отверстие Аравансайской плотины, постройка которой закончена Фергупром в 1927 г.

Следует иметь в виду, что на потоках с крупными донными наносами уклон дна большей частью не менее $I = 0,01$ (Ферганские сая). Кривая подпора, создаваемая при рабочем горизонте с $\eta_a > 0$ сооружением, поэтому далеко не распространяется, и потому полная промывка подводящего русла (при $\eta_a \leq 0$) не требует значительного времени. Действительно, при подпоре в $Z = 1$ мт. длина кривой подпора приближенно равна $L_{под.} \approx \frac{Z}{I} = \frac{1}{0,01} = 100$ мт.

— Это обстоятельство дает возможность значительно увеличивать величину подпора при работе сооружения, назначая его отверстия, в целях возможности промывки, с $\eta_a \approx 0$.

Вопрос о времени длительности промывки подводящего русла, которое должно быть увязано со временем работы сооружения, в зависимости от длины кривой подпора, от крупности наносов и от кубатуры их, остается открытым и, повидимому, малоосвещенным в литературе.

Это в значительной степени заставляет быть осторожным при назначении, длины кривой подпора и, следовательно, величины подпора воды сооружением без соответствующих данных опыта.

Таковых данных в литературе мною не найдено и, повидимому, требует для этого постановки соответствующих наблюдений. Ведение полной промывки русла требует тщательности надзора за состоянием его, в смысле отложения наносов, аккуратности в выполнении ее, так как возможно во времени запустить ее настолько, что будет упущено благоприятное время для нее (достаточные расходы воды) и ее придется отложить до следующего года; затем, во время промывки на повышенных скоростях при $\eta_s < 0$ необходимо следить, чтобы смывание наносов не перешло во вредный размыв откосов берега. Учитывая все это, проектировщику надлежит все же при назначении отверстия подпорных сооружений стремиться к тому, чтобы полная промывка происходила вне зависимости от эксплуатационного штата, для чего отверстия сооружения и боковых регуляторов подбираются с $\eta_s \approx 0$ для паводковых и с $\eta_s > 0$ при средних и малых расходах.

б) *Тип верхнего бьефа № 2.* При проектировании подпорных сооружений на потоках со взвешенными наносами (на ирригационных каналах) обычно имеется больше возможностей к повышению η_s в целях уменьшения ширины отверстия без опасности значительных отложений наносов выше сооружения. Последнее делает необходимым проверку верхнего бьефа на заиливание.

В ирригационных каналах для расходов воды со взвешенными наносами, во избежание отложения их, скорости не должны быть по Кеннеди менее

$$V_{\text{Кен.}} = 0,545 h^{0,64} \dots \dots \dots (9)$$

Верхний бьеф должен быть обеспечен от накопления наносов. Это может быть достигнуто следующими способами.

Верхний бьеф по своему наполнению и расходу проектируется таким, что условие (9) всегда выполняется во время его работы. Соответственно этому подбирается и величина отверстия подпорного сооружения для обеспечения необходимых глубин и скоростей.

Верхний бьеф проектируется таким, что при расходах воды менее среднего откладываются в нем взвешенные наносы, а при расходах больше среднего, наносы смываются.

Отверстие подпорного сооружения в этом случае при расходах больше среднего должно работать с коэффициентом η_s меньшим, чем при расходах меньших среднего.

Скорость воды в верхнем бьефе при расходах больших средних, должна быть близка к максимально допустимой скорости на размыв.

Если верхний бьеф в силу различных обстоятельств проектируется с отложением взвешенных наносов при определенных горизонтах воды и расходах ее, то он должен быть обеспечен возможностью полной промывки его при $\eta_s \approx 0$.

Часто это достигается путем устройства дополнительного сооружения—промывного (он же и сбросной) шлюза, работающего независимо от подпорного сооружения.

На этом принципе запроектированы Фергупром отверстия подпорного и при нем сбросного сооружения на пикете № 64 + 75 канала Янги, а также и канал Янги на участке его от пикета № 25 + 74 до пикета № 64 + 75, работающего при полной промывке как верхний бьеф этих сооружений при $\eta_s \approx 0$.

§ 5. Учет при проектировании подпорного сооружения возможных случаев регулирования нижнего бьефа. В § 3 настоящей статьи отмечено, что регулирование работы нижнего бьефа сводится к наиболее рациональному распределению расхода воды по ширине отверстия. То или другое распределение расхода воды по пролетам сооружения дает тот или иной тип нижнего бьефа с различной длиной крепления его, что поверяется расчетом, изложенным в моей статье «Гидравлический расчет нижнего бьефа сооружений» в № 2 «Вестника Ирригации» за 1928 г. Здесь же не лишне отметить два различных подхода к работе сооружения, а именно:

а) работа нижнего бьефа подчинена определенным условиям регулирования ее (смот. § 3);

б) работа нижнего бьефа не подчинена каким-либо условиям регулирования ее.

В первом случае предполагается, что сооружение эксплуатируется при надлежащем техническом надзоре, соблюдающем правила регулирования.

Во втором же случае предполагается слабый технический надзор, который не гарантирует соблюдения правил регулирования.

В первом случае следует в расчет брать виды регулирования от «а» до «д» (§ 3). Во втором же случае является необходимостью учитывать и вид регулирования «е», так как при слабом техническом надзоре возможность его не исключена. В первом случае длина крепления бьефа будет менее, чем во втором.

В качестве пояснения этого, а также и изложенного ранее, приводится нижеследующий цифровой пример.

Проектируемое подпорное сооружение на пик. № 64+75 канала Янги, отверстием $b_0 = 8,0$ мтр. при двух пролетах по 4 мтр. каждый, работает под постоянным напором $H = 2,5$ мтр. Порог сооружения имеет стенку падения высотой $P = 0,23$ мтр.

Минимальный расход сооружения $Q = 8$ кб. мт./ск. и максимальный — $Q = 42,5$ кб. мт./ск. На чертеже № 9 сооружение приведено в плане и в разрезе. Отводящее русло представляет из себя канал с односторонними откосами шириною по дну $b_2 = 17,0$ мтр. и с уклоном его $I = 0,000242$.

Согласно изложенного в моей статье «Гидравлический расчет нижнего бьефа сооружений», определим длину крепления нижнего бьефа при одновременной работе обоих пролетов. Для этого составляем следующие таблицы:

Таблица 1.

Q	$q_c = \frac{Q}{b_c}$	h_c	h'_c	h_2	$h'_c - h_2$
8	1	0,155	1,15	0,84	0,31
16	2	0,31	1,56	1,27	0,29
24	3	0,48	1,83	1,60	0,23
32	4	0,68	2,00	1,91	0,09
38	4,75	0,83	2,09	2,09	0,00
40	5	0,88	2,12	2,15	отверстие затоплено

Ширина струи по выходе ее из под шитов при коэффициенте бокового сжатия $\varepsilon \approx 1$ равна ширине отверстия, т. е. $b_e = \varepsilon \cdot b_0 = 8,0$ мт.

Глубина струи в наиболее сжатом по высоте сечении равна h_e . Без чувствительной погрешности считаем, что эта же глубина сохраняется вплоть до низового конца устоев, т. е. имеем $l_1 = 4,15$ мт.

Бытовая глубина отводящего земляного русла — h_2 при коэффициенте шероховатости его $\gamma = 1,10$. Величина $\gamma = 1,10$ определена путем опыта.

h'_e — глубина сопряжения с h_e определена по формуле:

$$h'_e = 0,5 h_e \left[1 + \sqrt{1 + \frac{8 \alpha q_e^3}{g h_e^3} - 1} \right].$$

Из таблицы № 1 вытекает, что при расходах меньших $Q = 38$ кб. мт/ск. прыжок будет отогнан от шитового отверстия.

Таблица 2.

Q	8	16	24	32	38	40
$\sqrt{\frac{H - h_e}{h_e}}$	4,15	2,79	2,17	1,76	1,51	Отверстие
l_s	16,2	10,90	8,50	6,90	5,90	затоплено

Уклоном дна $I = 0,000242$ по малости его пренебрегаем, и тогда

$$l_s = \sqrt{\frac{H - h_e}{h_e}} \cdot \frac{b_2 - b'_e}{2} \text{ при } b'_e = (8 + 1,2) \text{ мт. (черт. № 9) где } 1,2 \text{ мт.}$$

— ширина бычка.

Ширина b_2 берется равной 17 мтр., так как трапециодальностью русла в сечении $S_1 - S_1$ возможно пренебречь по малости глубины Z_s в этом сечении.

Таблица 3.

Q	8	16	24	32	38	40
Z_s	0,07	0,15	0,23	0,32	0,39	0,42
h_1	0,07	0,10	0,15	0,17	0,20	0,22
$h_{кр.}$	0,30	0,46	1,60	0,73	0,82	0,85
h_2	0,84	1,27	1,60	1,91	2,09	2,15
$h_1 - Z_s$	0,00	-0,05	-0,08	0,15	-0,19	-0,20
Примечание:	Прыжок в сечении					
	Прыжок выше сечения $S_1 - S_1$, т. е. полости А заполнены водоворотами.					

Глубину Z_s определяем из $Z_s = \frac{b_e}{b_2} \cdot h_e = 0,47$, пренебрегая для нее по указанной выше причине трапециодальностью русла.

Подбором из уравнения взаимных глубин (Гидравл. Справочник проф. Н. Н. Павловского):

$$\frac{\alpha Q^2}{g \omega_2} + \omega_2 Z_c'' = \frac{\alpha Q^2}{g \omega_1} + \omega_1 Z_c'$$

находим глубину h_1 , сопряженную с глубиной h_2 , а глубину $h_{кр}$ из уравнения

$$\frac{\omega^3}{B} = \frac{\alpha Q^2}{g}$$

чем для глубин h_1 и $h_{кр}$, вследствие значительности их, учитывается трапециодальность русла.

Непосредственно из таблицы 3 вытекает, что при расходах воды больших $Q=8$ кб. мт. прыжок не сможет остановиться в сечении S_1-S_2 и должен передвинуться выше его по течению. Это связано с проникновением воды в полости А и с образованием в них водоворотов.

Водовороты, сжимая струю с боков, создают для нее условия несвободного растекания, что связано с возможностью меньшего расширения и, следовательно, с большей концентрацией ее на более значительной длине.

Таблица 4.

Q	8	16	24	32	38	40
l_1	4,15	4,15	4,15	4,15	4,15	4,15
$l_2 = l_s + l_p$ { l_s . .	16,2	10,9	8,5	6,9	5,90	—
{ l_p . .	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
l_3	5	—	—	—	—	—
$2 h_2$	1,68	2,54	3,20	3,82	4,18	4,30
$L_{кр}$	27,03	Полости А заполнены водоворотами				

При составлении этой таблицы длина прыжка определялась по формуле

$$l_3 = \frac{(V_1 + V_2) (h_2 - h_1)}{2V_2} = \frac{(h_2 + h_1) (h_2 - h_1)}{2h_1}$$

Величина $2h_2$ представляет запас в расчете, а величины l_2 — отгон прыжка от сечения с — с вниз по течению.

Составляем следующую вспомогательную таблицу:

Таблица 5.

Q	16	24	32	38	40
V_c	6,45	6,25	5,90	5,72	5,68
V_2	0,70	0,81	0,91	0,97	0,98
b_2	18,27	18,60	18,91	19,09	19,15
b'_c	9,20	9,20	9,20	9,20	9,20

При составлении ее скорость V_e определялась из

$$V = \frac{q_e}{h_e}$$

Для учета трапециодальности русла в последующем определении длины водоворота ширина b_2 взята средней, равной $(17 + h_2)$.

Пользуясь данными этой таблицы и предыдущих, а также формулой

$$l_b = \frac{(V_e + V_2)(b_2 - b'_e)}{4V_2}$$

возможно составить таблицу 6-ю.

Таблица 6

Q	8	16	24	32	38	40
l_1	—	4,15	4,15	4,15	4,15	4,15
l_a	—	23,20	20,05	18,20	17,30	16,90
$2h_2$	—	2,54	3,20	3,82	4,18	4,30
$L_{кр}$	—	30,00	27,50	26,00	25,50	25,50

Из приведенного подсчета следует, что при одновременной работе обоих пролетов максимальная длина крепления равна 30 мт., считая ее от порога сооружения (табл. 6).

Если надеяться на надзор за регулировкой сооружения нельзя, то следует длину крепления при проектировке проверить на случай работы одного пролета при полном закрытии второго.

Сделаем проверку при свободном растекании струи при $Q = 8$ кб. мт. и при заполнении полости А водоворотом при $Q = 16$ кб. мт. для левой стороны струи (черт. № 9).

Для случая свободного бокового растекания имеем для левой половины струи, считая от оси ее:

$$0,5b_e = 2,0 \text{ мт.}; \quad q_e = 2 \text{ кб. мт.} \quad h_e = 0,31 \text{ мт.}$$

$$0,5b'_2 = 11,1 \text{ »} \quad Z_e = 0,07 \text{ мт. и тогда}$$

Таблица 7.

Q	l_1	l_a	l	l_3	$2h_2$	$L_{кр}$
8	4,15	25,6	0,0	5,0	1,68	36,5

При заполнении полости А водоворотом имеем:

$$0,5b'_2 = 11,1 \text{ мт.}; \quad 0,5b_e = 2,0 \text{ мт.}; \quad q_e = 4,0 \text{ кб. мт./ск.};$$

$$V_e = 5,9 \text{ мт. и} \quad V_2 = 0,70 \text{ мт., и тогда}$$

Таблица 8.

Q	l_1	l_b	h_2	$L_{кр}$
16	4,15	43,0	1,27	48,42

С внешней стороны это выразится так: струя водоворотом у левого берега будет отжата к правому берегу.

Вследствие этого правый берег может размываться, а у левого на месте водоворота, наоборот, могут получиться отложения наносов.

Следовательно, при учете работы одним пролетом необходимо крепление нижнего бьефа удлинить, по сравнению со случаем работы обоих пролетов, на $48,42 - 30 = 18,42$ мт.

Конструктивно это можно выполнить следующим образом. На длине 30,0 мт. устроить крепление дна и откосов из бетона (13,0 мт. флутбет и 17,0 мт. бетонные плиты толщ. 0,15 мт., связанные арматурой), а ниже его на длине 6,5 мтр. крепление дна и откосов из железобетонных легких тюфяков (толщиной 7 сантиметров) и сверх этого крепление только одних откосов теми же семисантиметровыми тюфяками на длине $48,50 - 36,50 =$ около 12,0 мт. Назначение тюфяков — защитить откосы берега от размыва, допуская при этом размыв дна при неправильной регулировке работы сооружения.

Если же имеются вполне реальные возможности надеяться на соблюдение правильной регулировки, т. е. на одновременную работу обоих пролетов, то крепление возможно назначить длиною в 30 мтр., из коих на долю флутбета приходится 13,0 мтр. и на сливную, из армированных плит 17,0 мтр.

Примечание. Данные таблиц подсчитаны на счетной линейке системы Rintz фабрики Fabur.

Для контроля подсчетов составлены соответствующие графики (черт. № 10).

Полученные выше результаты о длине крепления небезинтересно сравнить с таковыми же, получаемыми по формулам инж. Бляя.

Инж. В. Д. Журиным в его статье «Основы гидротехнического расчета» установлены пределы вывода формул Бляя, в зависимости от величины погонного расхода.

Величина последнего должна заключаться в пределах от

$$q_e = 3 \text{ кб. мт/ск. до } q_e = 15 \text{ кб. мт/ск.}$$

В нашем случае: $q_e = \frac{Q}{b_e} = \frac{42,53}{8} = 5,3 \text{ м}^3/\text{ск.}$

$H^* = 2,73$ мт.; длина фильтрационного пути $L_\phi = 28,8$ мт. и коэффициент фильтрации по Бляю равен $C = \frac{L_\phi}{H} = \frac{28,8}{2,73} = 10,5$.

Длина крепления при одновременной работе всех пролетов тогда определится из

$$L_{кр.} = 1 \cdot C \cdot \sqrt{H^* q} = 1 \cdot 10 \cdot \sqrt{2,73 \times 5,30} = 38,0 \text{ мт.}$$

Для случая работы сооружения одним пролетом имеем возможный максимальный расход воды:

$$q_e = m \sqrt{2 g H_0^{3/2}} = 0,365 \times \sqrt{19,62} \times 2,73 = 7,25 \text{ кб. мт.}$$

По формуле Бляя в этом случае имеем:

$$L_{кр.} = 1,10 \times \sqrt{2,73 \times 7,25} = 44,5 \text{ мт.}$$

Поверяем правильность применения формулы незатопленного водослива.

При $q_e = 7,25$ кб. мт., расход воды в нижнем бьефе равен $Q = q_e \cdot b = 7,25 \times 4 = 29,0$ кб. мт./ск.

По графику $h_2 = f_2(Q)$ на черт. № 10 находим $h_2 = 1,85$ мт.

Критическая глубина на водосливе равна

$$h_{кр.} = \sqrt[3]{\frac{\alpha q_c^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{1,1 \times 7,25^2}{9,81}} = 1,81 \text{ мт.}$$

Так как

$$h_2 = 1,85 \text{ мт.} < p + h_{кр.} = 2,04 \text{ мт.},$$

то водослив незатопленный и расход $q_c = 7,25$ кб. мт. подсчитан правильно (при коэффициенте сжатия, принятом для простоты подсчета равным $\varepsilon = 1$).

Результаты подсчетов сведем для наглядности в таблицу № 9.

Таблица 9.

№	Работа сооружения	Максимальн. длина креплен. в мтр.	
		по автору	по Бляю
1	Двумя пролетами . . .	30	38
2	Одним пролетом . . .	48,5	44,5

Из таблицы 9 находим, что неправильная регулировка работы сооружения заставляет удлинять крепление нижнего бьефа, в расчете

по автору, на $\frac{48,5-30}{30} \times 100 = 62\%$, в расчете по Бляю, на $\frac{44,5-38}{38} \times 100 = 17\%$, против длины крепления при правильной регулировке работы сооружения.

§ 6. Регулировка работы сооружения при проходе шуги. В зимнее время расходы воды в каналах и саях обычно бывают малы, по сравнению с их паводковыми расходами. Забор воды в это время боковыми регуляторами подпорного сооружения совершается при повышенных величинах коэффициента вредности $\eta_{\text{в}}$.

Обычно значение $\eta_{\text{в}}$ в это время близко к $\eta_{\text{в}} \approx 1$.

В силу этого, в верхнем бьефе сооружения скорость воды весьма мала.

Последнее обстоятельство весьма сильно содействует замерзанию бьефа и скоплению шуги в столь значительных количествах, что появляется опасность для прорыва дамб верхнего бьефа и обхода сооружения.

Регулировка работы верхнего бьефа при наличии шуги должна сводиться к своевременному удалению ее из верхнего бьефа. Эта операция аналогична регулировке сооружения при полной промывке подводящего русла от наносов.

Разница только та, что роль наносов выполняет шуга, заполняющая верхний слой воды. Поэтому удалить шугу из верхнего бьефа удастся лишь при повышении скорости воды, что связано с понижением величины $\eta_{\text{в}}$ вплоть до нуля, т. е. с полным подъемом нескольких, а иногда и всех щитов подпорного сооружения.

При под'еме щитов в это время необходима некоторая аккуратность и осторожность, а именно:

а) отделить ледяной покров с верховой стороны от щитов через прорубку его;

б) очистить щиты и их пазы от льда с низовой и верховой сторон до горизонтов воды бьефов;

в) осмотреть под'емники и очистить их от льда, получившегося от намерзания атмосферной влаги.

После того, как это выполнено, возможно приступить к под'ему щитов. Если же перечисленное выше не выполнено, то щиты могут оказаться настолько «примороженными», что под'ем их может закончиться в лучшем случае разрывом троса, а в худшем случае — поломкою под'емного механизма.

Пункты «а», «б» и «в» не трудны для выполнения, и сооружение в праве надеяться на их выполнение.

Обычно шуга идет весьма короткое время и потому работа сооружения при $\tau_{\text{ш}} = 0$ для удаления шуги, хотя и уменьшает подачу воды в боковые регуляторы, но по короткости времени перерыва это уменьшение не может быть чувствительным для населения. Шуга обычно бывает во время морозов, при которых сеть каналов-распределителей настолько промерзает, что прекращается разбор воды из магистрали, и потому, в силу ненадобности и во избежание затоплений местности, подачу воды в боковые регуляторы приходится прекращать.

Шуга является грозным явлением для тех подпорных сооружений, отверстия которых запроектированы без возможности понижать в зимнее время коэффициент $\tau_{\text{ш}}$ до нуля, так как удаление шуги при $\tau_{\text{ш}} > 0$ может быть весьма затруднительным делом.

Это обстоятельство надлежит учитывать при проектировании.

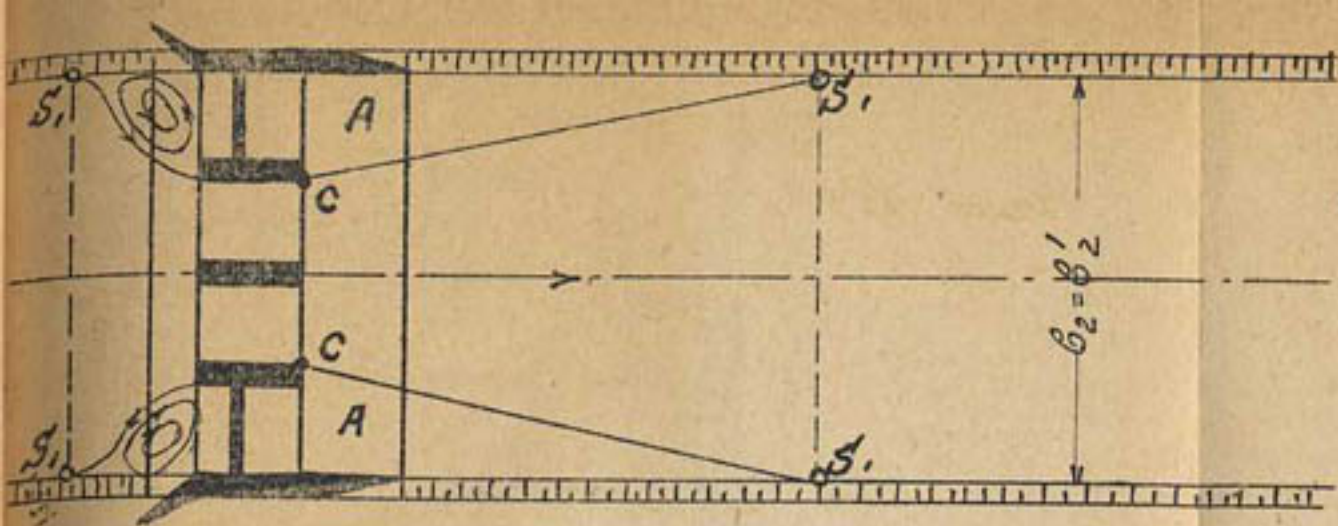
Для Ассакинской и Найманской плотин быстрое удаление шуги из верхнего бьефа гарантировано для первой значением $\tau_{\text{ш}} = 0$, а для второй $\tau_{\text{ш}} < 0$.

§ 7. Заключение. Необходимо отметить, что настоящая статья является дополнением статьи «Гидравлический расчет нижнего бьефа сооружений», помещенной в № 2 «Вестника Ирригации» за 1928 год.

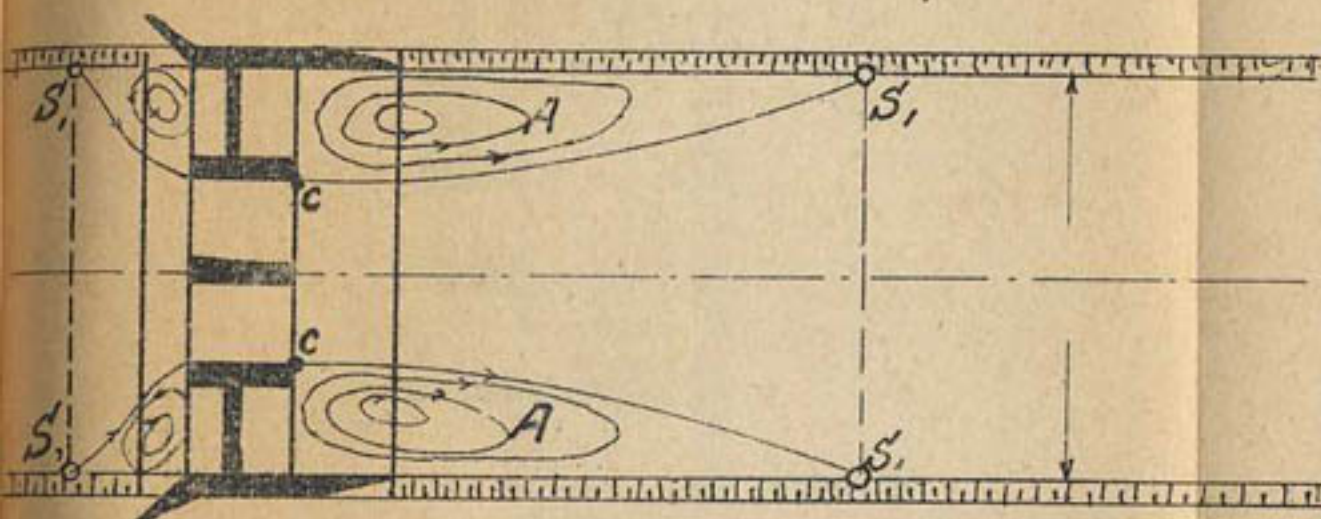
Гидравлический расчет нижнего бьефа без связи его с таковыми же верхнего бьефа был бы не совсем полным расчетом.

Идя навстречу желаниям многих работников в области эксплуатации ирригационных сооружений, автор не мог не отметить вопросов регулирования подпорных сооружений и увязки этого с проектированием их, сделав это по мере возможности своих сил.

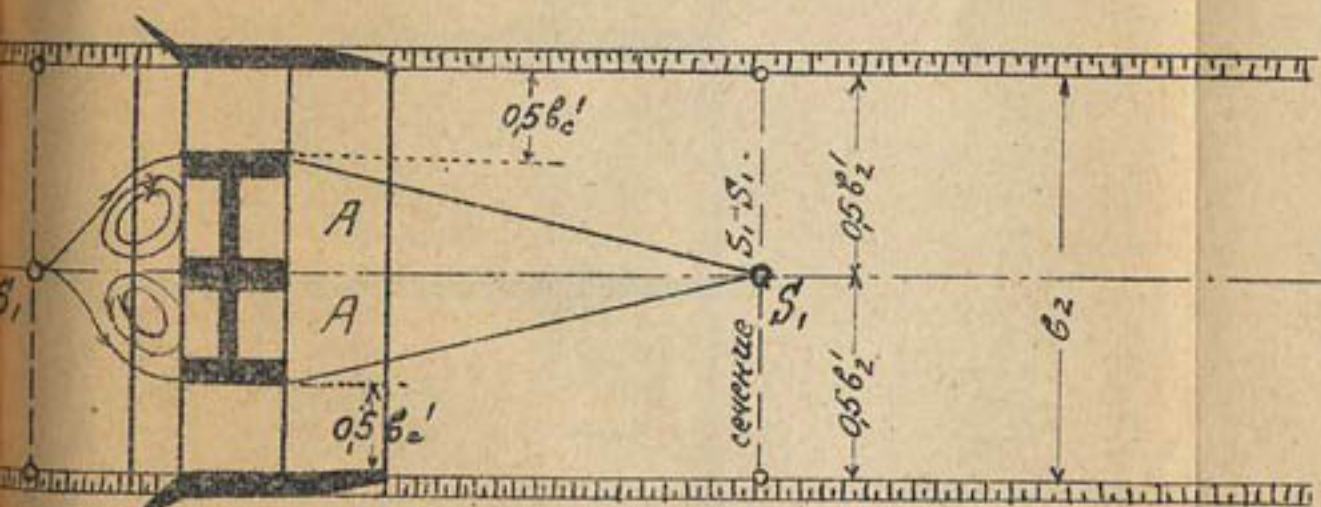
В силу последнего автор далек от мысли смотреть на изложенное выше, как на достаточно исчерпывающий материал по отмеченным выше вопросам.



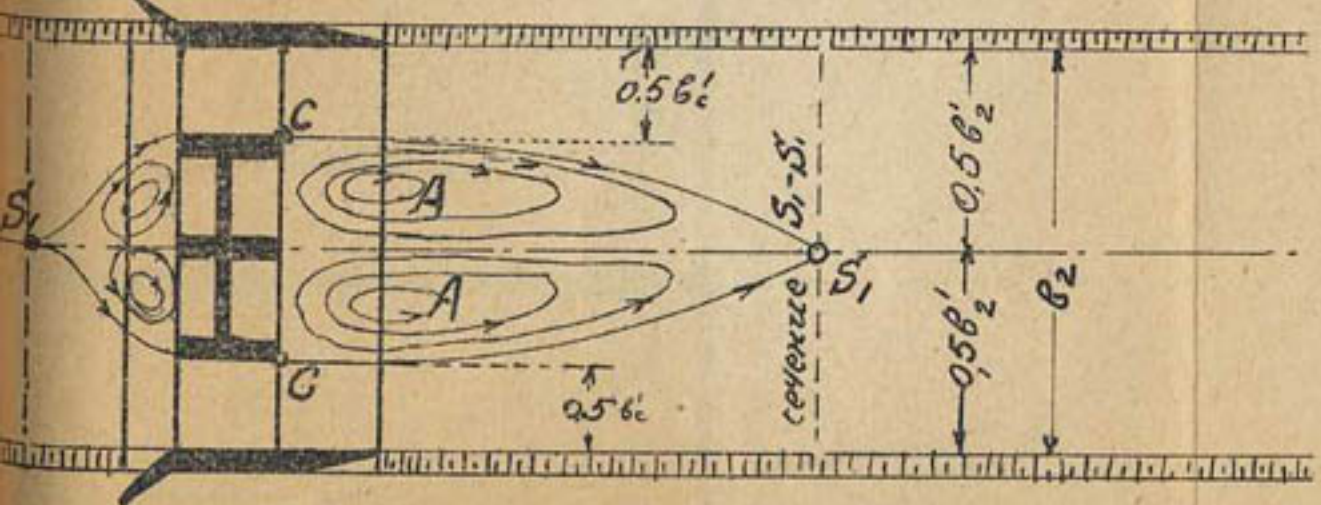
Черт. № 1^й
"б"



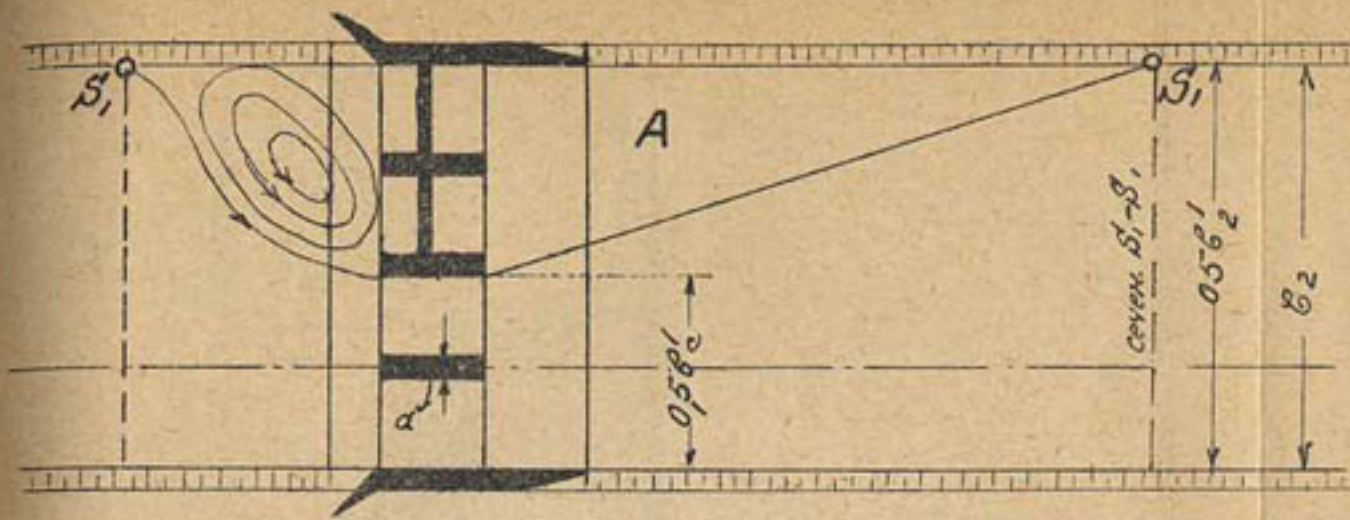
Черт. № 2
(б)



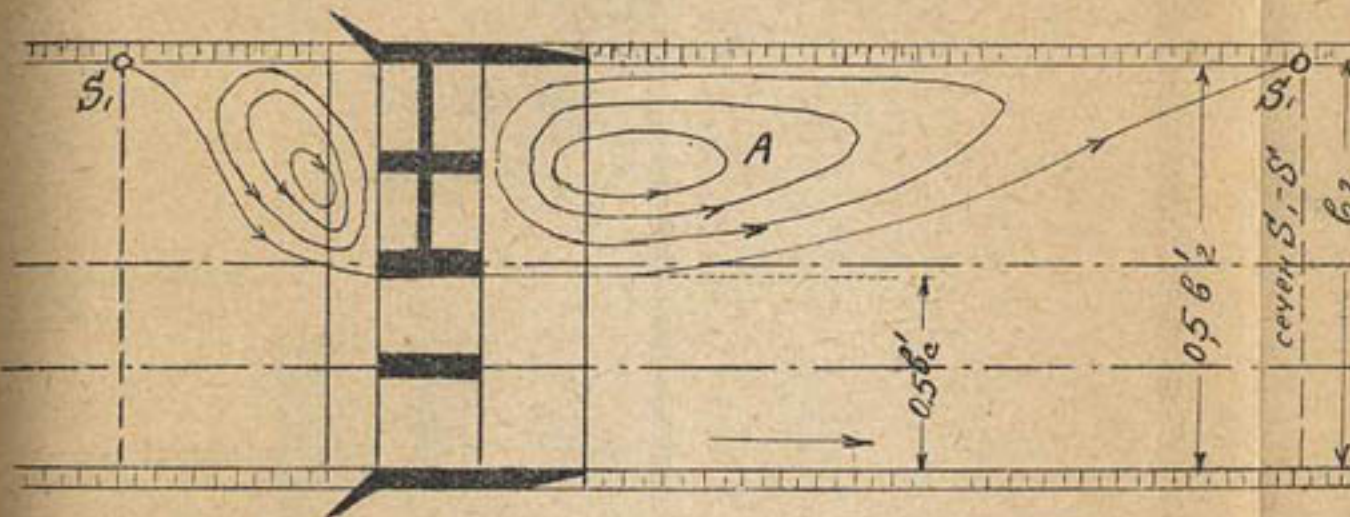
Черт. № 3
"б"



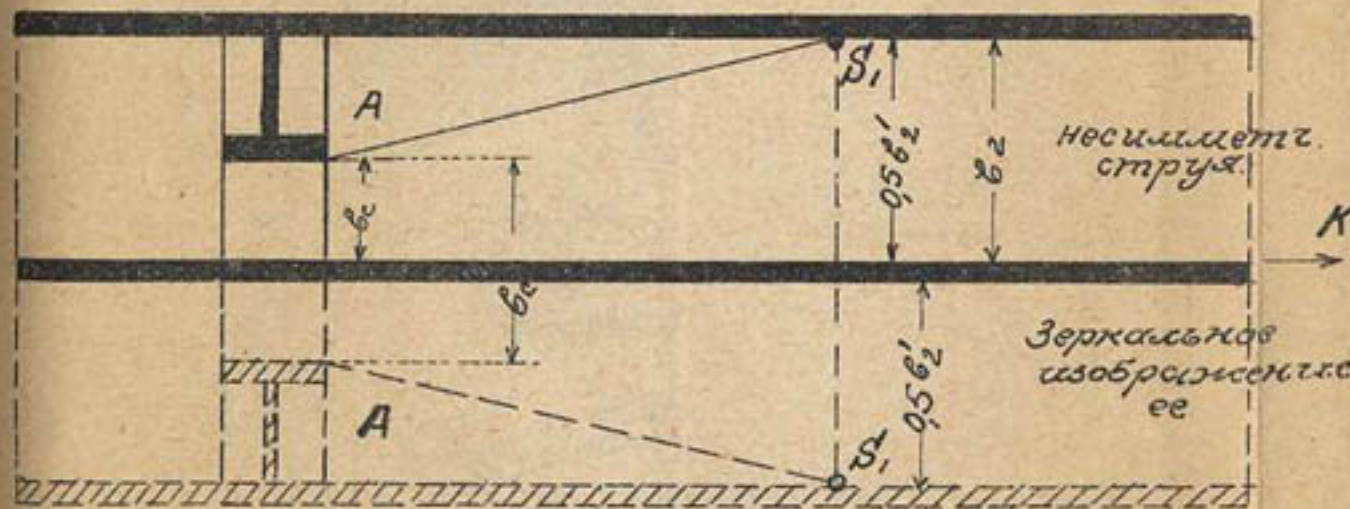
Черт. № 4.
"б"



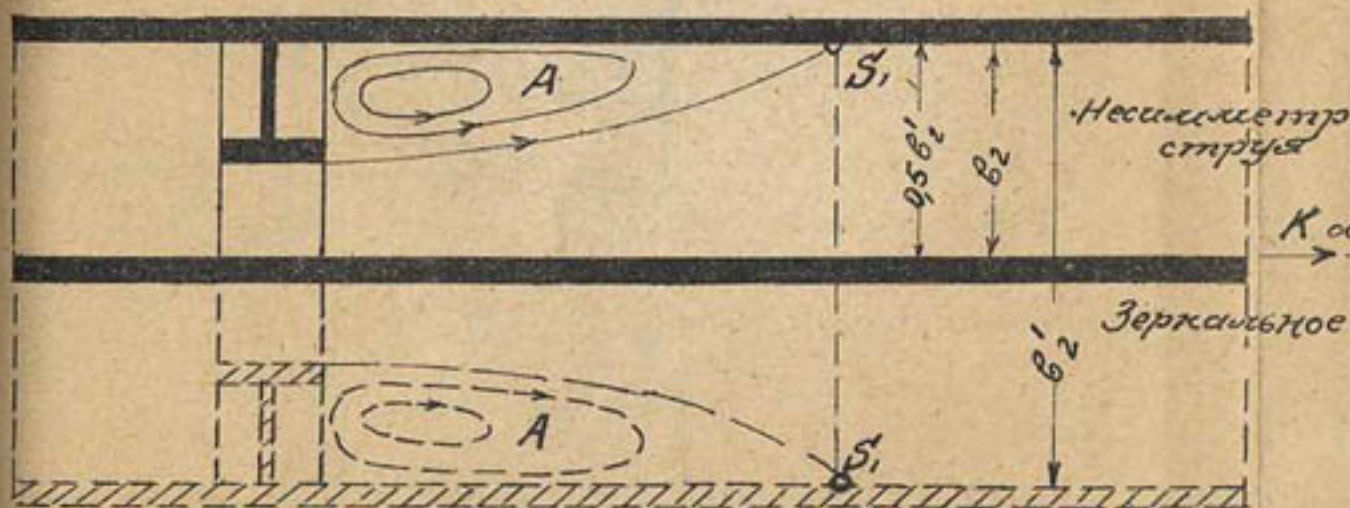
Черт. N5
"е"



Черт. N6
"е"

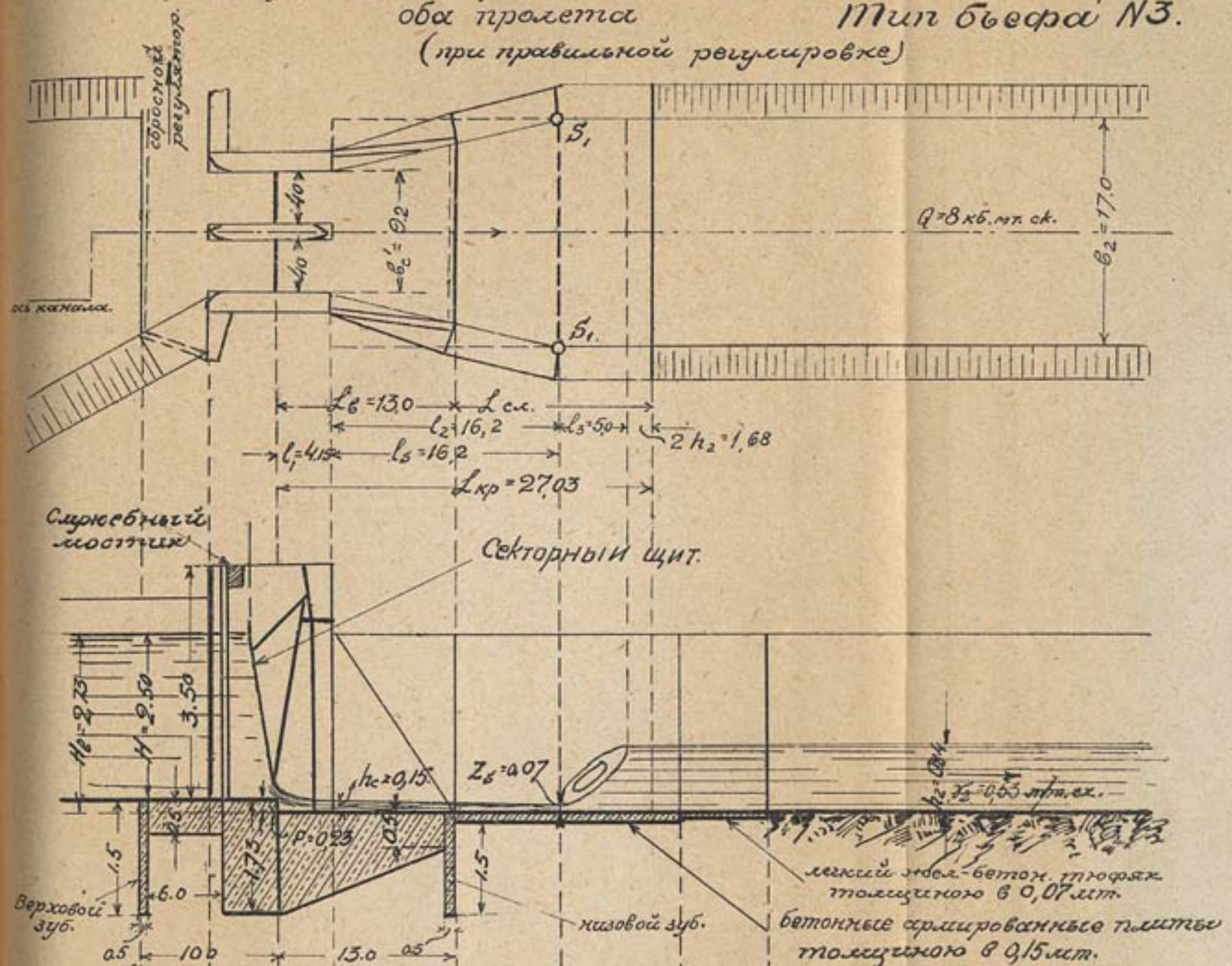


Черт. N7.

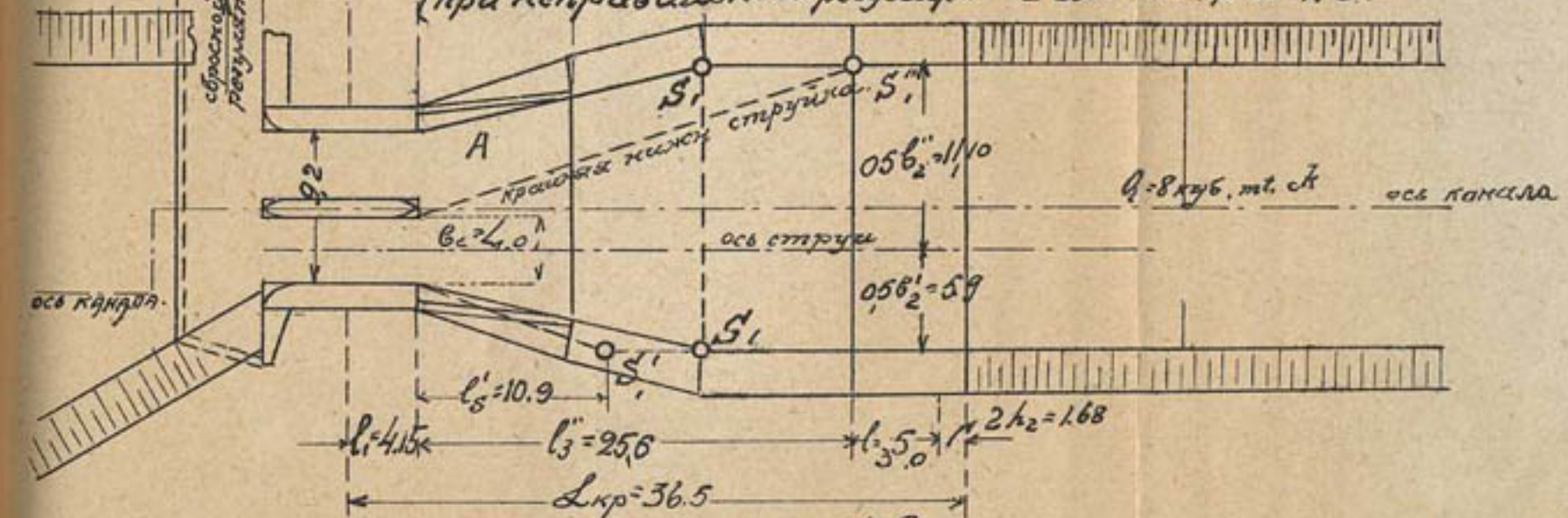


Черт. N8

Исучай: Одновременно и в одинаковой степени работают
оба пролета
Тип бьефа N3.
(при правильной регулировке)

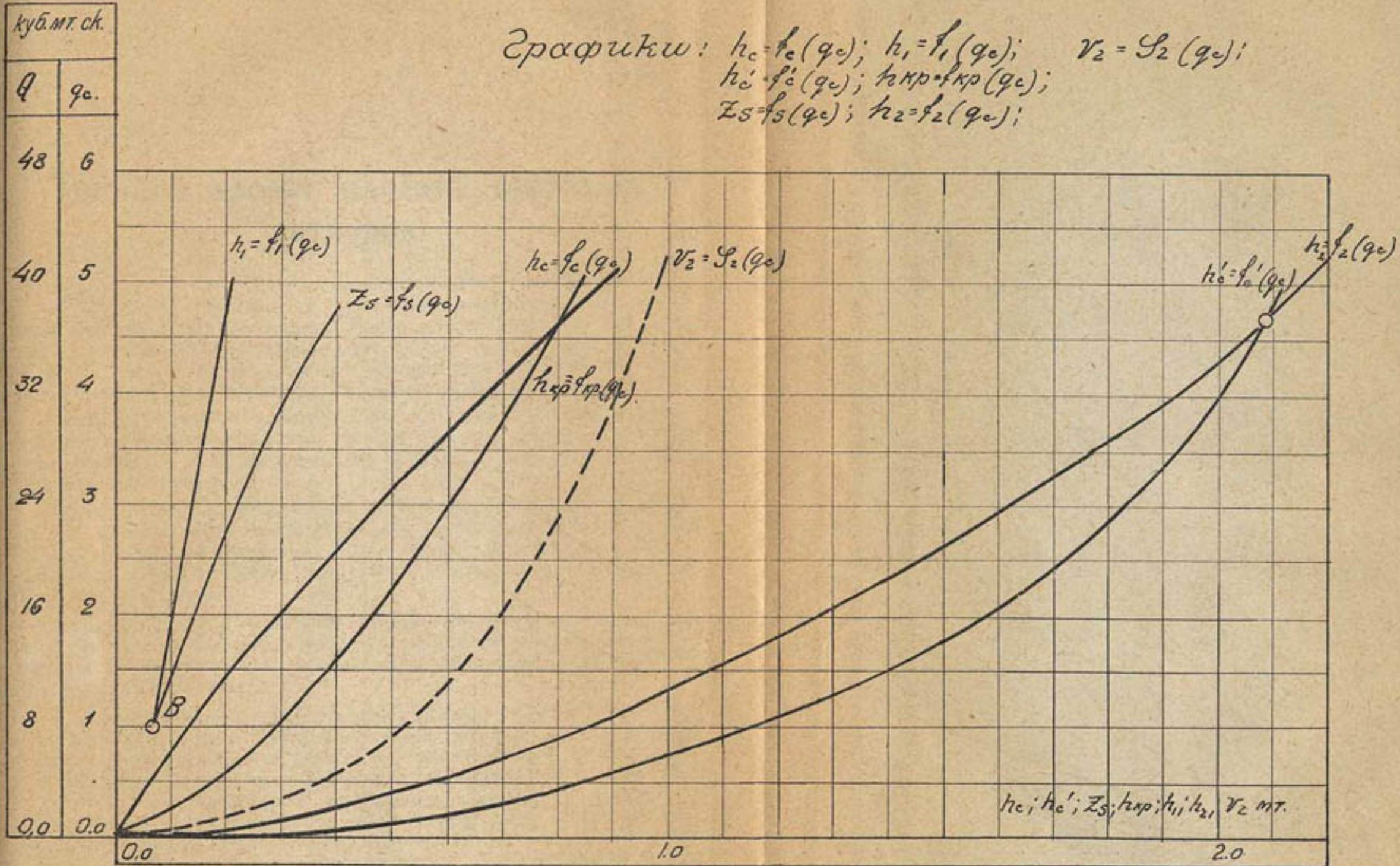


Исучай: Работает только один пролет
(при неправильной регулировке) Тип бьефа N3.



Чер. N° 9.

Масштаб: для горизонт. раст. - 1 см = 5 м.
Вертикальн. 1 см = 1.0 м



Инж. Л. У. Мальц.

Сотр. Оп.-Исслед. Ин-та Водн. Хоз.



Типовой проект плоских щитовых затворов.

Общее.

Щитовые затворы составляют неотъемлемую часть большинства гидротехнических сооружений и в условиях Средней Азии, где огромное число их уже находится в эксплуатации и увеличивается с каждым днем, вопрос о рациональной конструкции щитовых затворов, а также и методах проектировании их—достаточно серьезен и заслуживает самого внимательного отношения.

Целый ряд щитовых затворов, спроектированных до сего времени в организациях Водного Хозяйства, по существу представляют собой решения проблемы в условиях отдельных частных случаев, решения, между собой почти не связанные.

Такие единичные проектировки обходятся, в общем, чрезвычайно дорого и, так как число проектируемых и подлежащих проектированию щитовых затворов весьма велико, нужно полагать, что их нормализация, проведенная в виде стандарта конструкций и упрощения методов проектирования—необходима.

Основной целью и назначением подобного стандартного проекта является удешевление щитовых затворов, стоимость которых, вообще говоря, складывается из стоимости проектировки и стоимости постройки и установки щитового затвора.

В обычных условиях стоимость проектировки, в свою очередь, складывается из стоимости работы: а) *инженера*, который должен выбрать, по целому ряду соображений, наиболее подходящий тип щита и произвести ответственные подсчеты; б) *техника*, производящего неотчетливые подсчеты, спецификацию и калькуляцию проекта, в) *чертежника*, выполняющего чертежи и г) *стоимости работы* ряда вспомогательных организаций, производящих размножение чертежей, всевозможную техническую переписку и другие подобные работы. Сюда же нужно отнести приходящуюся на долю этого проекта некоторую часть общих затрат на содержание всего аппарата учреждения, другими словами, то, что называют накладными расходами.

Эти последние, в общем, приблизительно пропорциональны длительности изготовления проекта.

Стоимость постройки и установки также зависит от целого ряда отдельных факторов. Их число бывает иногда очень велико и часть из них иногда совершенно невозможно предусмотреть, как, например, причины стихийного порядка, или невозможность получения в срок нужных материалов и вынужденная вследствие этого задержка и т. п.

Обычные причины, обуславливающие невысокую стоимость сооружения, таковы:

- 1) простота конструкции и несложность изготовления (экономия в стоимости оборудования и рабочей силы);
- 2) рациональное использование строительного материала (экономия в стоимости материала);
- 3) организованная в определенном плане последовательность операций по постройке сооружения (экономия во времени = экономия в стоимости);
- 4) возможность массового изготовления частей сооружения (экономия в стоимости частей);
- 5) малые расходы по заготовке, перевозке и хранению материалов (экономия в накладных расходах).

В таких сооружениях, как щитовые затворы, вполне возможно осуществить такой стандартный проект, который, удовлетворяя многим из указанных условий, позволит сильно уменьшить общую стоимость сооружения щитовых затворов.

Он может быть составлен так, чтобы в окончательном своем виде состоять из нескольких нормализованных чертежей конструкций и пояснительной записки с таблицами: а) для определения наиболее выгодного типа щитового затвора для каждой совокупности основных условий; б) размеров всех частей сооружения, спецификации и калькуляции для каждого из щитовых затворов, входящих в состав проекта.

Проектировка щитового затвора, при наличии стандартного проекта, отнимала бы очень немного времени. В каждой организации Водного Хозяйства имелся бы экземпляр объяснительной записки и нормальные чертежи (то и другое размноженное типографским путем).

Проектирование сводилось бы к отысканию в таблицах объяснительной записки данных, относящихся к рассматриваемому случаю, и к заполнению полученными данными небольшой таблички на нормальном чертеже. Нужно полагать, что проектирование щитового затвора могло бы отнять в этих условиях у одного человека, примерно, от 10 минут до получаса времени, в то время, как в современных условиях, проектировка среднего щитового затвора требует около 3 дней работы инженера, 2 дней работы техника и 2—3 дней работы чертежника.

Влияние стандартного проекта может распространиться очень далеко. Так, например, в результате серьезной проработки конструкций в проекте, можно ограничиться определенным ассортиментом материалов, потребных для изготовления затворов; сводки материалов по подобным проектам и для других сооружений могут являться основой для заготовки материалов складами организаций Водного Хозяйства. Это позволило бы, при сравнительно небольших затратах, снабдить все склады действительно необходимыми материалами в действительно необходимом количестве, что, в конечном счете, при большой экономии в расходах и при больших удобствах расходований сумм, сильно способствовало бы понижению стоимости строящихся сооружений.

При наличии стандарта, само изготовление щитовых затворов было бы на много проще. И в самом деле, тут открываются самые широкие возможности: ряд мелких частей и даже отдельные группы (например, подъемные механизмы) могут быть заготовлены массовым путем на хорошо оборудованном заводе и пересланы на места в готовом виде.

Материал для щитовых затворов может быть заготовлен в таком виде, что обработка его сведется к минимуму, так же как и количество отходов производства.

Процесс работы может быть весьма упрощен применением шаблонов для разметки, для проверки и т. п.

Не исключена даже возможность применения упрощенных инструментов, специально приспособленных для целей данного производства.

Из приведенных соображений совершенно ясно, что при наличии стандартного проекта, общая стоимость сооружения щитового затвора будет значительно меньше, чем теперь, когда и проектирование и постройка проводятся под знаком частного решения единичной задачи, решения, иногда нерационального при больших, сравнительно, затратах труда и денег.

Экономия, которую может дать подобный проект, настолько велика, что при намечающемся строительстве стоимость составления проекта может совершенно окупиться в 2—3 года.

Попытка составления стандартного проекта щитовых затворов была произведена в конце 1926 г. Производственным Отделом УВХ. Автор настоящей статьи был туда приглашен для выполнения типового проекта плоских щитов простой конструкции.

Цель работы понималась приблизительно так: нужно было разработать некоторый стандарт в этой области и дать хорошо разработанные, согласно такому стандарту, проекты для нескольких частных случаев. Предполагалось, что такие проекты смогут быть показательными образцами при проектировании в филиалах УВХ.

Приступив к этой работе, я вскоре убедился, что, вообще, для этого необходима предварительная проработка методов расчета, и для того, чтобы дать представление о затронутой области, нужно будет предложить не два или три типовых проекта, а, по крайней мере, полторы дюжины. Сюда должны были-бы войти проекты щитов различных конструкций (а их около 11); большинство конструкций следовало бы решить, по крайней мере, для двух величин перекрываемого отверстия.

Выполненная работа в своем законченном виде, дала бы, в сущности, очень мало, так как проекты, в лучшем случае, были бы немного более разработаны, чем сотни проектов, находящихся в архивах УВХ. Эти новые проекты были бы между собой так же мало связаны, как и старые, и ничего, кроме схем чертежа и расчета, не смогли бы дать. Между тем, они потребовали бы для своего выполнения много времени. Некоторые соображения и предварительные подсчеты с полной несомненностью показали, что гораздо правильнее, с технической и экономической точек зрения, будет заняться разрешением задачи в полном ее объеме.

За время моего пребывания в Производственном Отделе УВХ мною были разработаны все незаглубленные щиты и, на обсуждении проекта в Техсовете УВХ, было постановлено передать дальнейшее проектирование в Опытно-Исследовательский Институт Водного Хозяйства.

Проблема стандартного проектирования, по своему существу, глубоко интересна. Объем описываемой работы и ее характер таковы, что здесь возможно применение массовых установок при решении задачи, возможно применение совершенно новых методов проектирования. Продолжая работать в этой области я в современном моем анализе, намечаю решение проблемы в несколько ином виде, чем это предполагалось мною выполнить полтора года тому назад в Производственном Отделе УВХ.

Некоторым соображениям по этому вопросу и посвящается настоящая статья.

Метод составления стандартного проекта щитов базируется на выполнении некоторых основных задач.

1. Мы имеем дело с несколькими различными конструктивными типами щитовых затворов. В начале работы необходимо совершенно точно выяснить конструктивные особенности каждого отдельного типа и установить, какие именно типы щитовых затворов входят в сферу рассмотрения проекта. Конструктивное подразделение отдельных типов необходимо распространить не только на щитовые затворы в целом, но и на отдельные их части.

Вообще говоря, необходимо производить в этих случаях самое подробное расчленение общей, сложной задачи, на ряд элементарных, т.к. это диктуется самими условиями производства массовой проектировки и массовых подсчетов. Чем более расчленена задача, тем легче ее решение, уже хотя бы только потому, что один и тот же элемент целого может быть составной частью целого ряда самых различных комбинаций.

2. Необходимо наметить основные материалы для изготовления проектируемых щитов. Тут нужно наметить некоторый сортамент, выбранный на основании тех или иных соображений, который, в известной степени, определяет конструктивную форму, в которую выльются проектируемые детали.

3. Размер щитового затвора, в первую очередь, определяется размером перекрываемого им отверстия и расположением этого отверстия по отношению к сооружению.

Таким образом, величины, характеризующие размер щитового затвора, суть: H —напор (исчисляемый до нижней кромки отверстия); b —пролет отверстия (ширина отверстия); y —заглубление (расстояние между верхней кромкой отверстия и поверхностью воды); α —наклон пазовой конструкции к горизонту.

Совершенно ясно, что число возможных комбинаций этих четырех величин практически равно бесконечности в пределах области применения щитовых затворов. Стандартному проектированию должно поэтому предшествовать установление некоторого закона изменения этих величин, чем определяется в известных границах число комбинаций, иначе говоря, общее число щитовых затворов, подлежащих проектированию.

4. Для определения границ возможности применения того или иного типа щитового затвора, совершенно необходимо предварительно задаться некоторыми нормами, характеризующими эти границы.

Ограничительные условия могут вводиться по самым различным признакам, так, например, очень удобно вводить ограничительные условия по признаку применяемых материалов (предельная толщина обшивки, предельный профиль для ригеля и т. п.).

В процессе расчета ограничительные условия совершенно жестко определяют количество возможных конструкций щитовых затворов, в известных границах, определенных предыдущими условиями.

Разработка всех приведенных условий дает возможность начать расчет.

Как технические, так и экономические подсчеты, следует, по мере возможности, расчленять на элементарные подсчеты.

Все элементарные подсчеты следует вести по специально подготовленным формулам, при самом широком использовании графических методов вычисления, в частности, номограмм.

Результаты вычислений, для удобства дальнейшего с ними оперирования, располагать в единообразной табличной форме. Проверку при таких массовых подсчетах удобнее всего производить графическим путем. Кстати сказать, графическая проверка результатов массового подсчета

совершенно незаменимый по быстроте и надежности метод. Он основывается на том, что расчетные формулы для определения размеров и веса затвора и его отдельных деталей, являются непрерывными функциями одной или нескольких переменных и, на графике, где за ось абсцисс приняты значения результата подсчета, а за ось ординат значения какой-нибудь переменной, входящей в расчетную формулу,—обязательно дают плавную кривую. Если нанести таким образом на обыкновенную клетчатку результаты целого ряда однородных вычислений и через полученные точки провести плавную кривую, можно сразу обнаружить все ошибочно произведенные расчеты, т. к. результаты их обязательно лежат вне кривой.

После того, как закончены все расчеты, относящиеся к отдельным конструкциям щитовых затворов и, тем самым, выявлены все данные, характеризующие каждую из возможных комбинаций начальных условий в пределах каждого из разработанных типов щитового затвора, надлежит перейти к сравнению и некоторой обработке полученного материала.

По условию (3) мы получаем ряд комбинаций величин b , H , u и α . Для каждой из этих комбинаций начальных условий рассчитаны несколько типов щитовых затворов. Следует определить наиболее подходящий из них, а в объеме всего проекта следует определить для каждой из возможных комбинаций наиболее целесообразный конструктивный тип щитового затвора. Это выясняется в процессе сравнения по некоторым признакам, например, по окончательной стоимости всего затвора, или по его весу и т. п. Следовательно, тут необходимо установить совершенно определенные нормы для сравнения отдельных типов щитовых затворов и воспользоваться имеющимся уже табличным материалом, выражающим результаты произведенных различных подсчетов.

Результаты подобного сравнения, расположенные также в табличной форме, дают для каждой комбинации b , H , u , α наиболее рациональную конструктивную форму щитового затвора.

В окончательном своем виде расчетная записка проекта будет содержать таблицу для выбора типа щита, для каждой комбинации b , H , u и α , и, также расположенные в табличной форме, все данные, относящиеся к щитам, помещенным в таблице для выбора.

В том частном случае, когда нормы для выбора щитового затвора отличаются от обычных, можно также использовать материалы стандартного проекта, т. к. для составления таблицы для выбора типа щита необходимо наличие расчетов всех щитовых затворов, лежащих в пределах, обусловливаемых ограничительными условиями, и в процессе описываемого проектирования для каждого типа щита производятся подсчеты для всех возможных его размеров.

Дальнейшее развитие этой идеи можно себе представить в виде выражения материала всех таблиц в виде графиков. Тогда возможно, пользуясь ими, на основе расчетов, произведенных для ряда частных случаев, путем интер—и экстраполяции получить решение вопроса для любого, вообще говоря, случая.

Расчет щитовых затворов. Обычные формулы строительной механики, употребляемые для подсчета щитовых затворов несложной конструкции, в общем, чрезвычайно просты и пользование ими не представляет обычно никаких затруднений. Тем не менее, возможно некоторые из них еще более упростить, приспособив к отдельным частным случаям. Для большего удобства расчета по предлагаемым формулам, автором этих строк построены номограммы нескольких формул. Метод пользования номограммами указан на них же.

Некоторые расчетные формулы.

Листовые щиты. При расчете полотна листовых щитов, их рассматривают как балку, нагруженную равномерно распределенной нагрузкой, равной среднему давлению воды на щит.

Обозначаем: H — напор в мт.; b — пролет в мт.; W — момент сопротивления сечения в см.³; K — допустимое напряжение в кг/см.²; s — толщина полотна в см.

Для прямоугольной пластинки $b \times H$, свободно лежащей на опорах, имеем:

$$\text{Давление воды } P = \frac{b H^2 \gamma}{2} = 500 b H^2.$$

Изгибающий момент от давления воды для незаглубленных щитов

$$M = \frac{50000 b^2 H^2}{8} \text{ кг/см.}$$

Момент сопротивления полотна

$$W = \frac{H S^2 100}{6} \text{ см.}^3,$$

а так как $M = W K$, то

$$\frac{50000 b^2 H^2}{8} = \frac{H S^2 100}{6} K \text{ кг/см.},$$

$$\text{откуда } s = \sqrt{\frac{50000 b^2 H^2 \cdot 6}{8 \cdot 100 \cdot K}} = 19,4 \sqrt{\frac{b^2 H}{K}} \text{ см.}$$

Прибавляя 1 мм., как запас на ржавление, окончательно имеем.

$$s = \left(19,4 b \sqrt{\frac{H}{K}} + 0,1 \right) \text{ см.}$$

Это уравнение может быть представлено в виде номограммы и тогда расчет по нему значительно упрощается (см. ном. № 1).

Обшивка ригельных и рамноригельных щитов рассчитывается как плита, нагруженная равномерно распределенной нагрузкой, равной среднему давлению воды, приходящемуся на рассматриваемый пролет.

Применяемая в этом случае формула Баха имеет вид

$$s^2 = 0,5 \varphi \frac{b^2}{K} \frac{P}{1 + \xi^2}.$$

Здесь φ — коэффициент, характеризующий степень заделки краев плиты; ξ — отношение ширины клетки к ее длине; P — среднее давление в кг/см.², приходящееся на рассматриваемую клетку.

В этой формуле можно сделать некоторые преобразования в зависимости от конструкции щита.

Так, например, для *рамных щитов*, где ширина и высота клетки соответственно равны пролету щита и напору, можно среднее давление заменить полным

$$P = p \cdot b \cdot H, \text{ кроме того, } \xi = \frac{b}{H},$$

$$\text{поэтому } p b^2 = \frac{P b^2}{b H} = P \xi$$

и уравнение получает вид

$$s^2 = 0,5 \varphi \frac{P}{K} \frac{\xi}{1 + \xi^2}$$

Прибавляя еще 1 мм. на ржавление, имеем

$$s = 0,708 \sqrt{\varphi \frac{P}{K} \frac{\xi}{1 + \xi^2}} + 0,1 = \left(\alpha \sqrt{\varphi \frac{P}{K}} + 0,1 \right) \text{ см.}$$

Значение коэффициента $\alpha = 0,708 \sqrt{\frac{\xi}{1 + \xi^2}}$ в зависимости от величины ξ таковы:

ξ	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
α	0,416	0,447	0,470	0,484	0,494	0,498	0,500	0,498	0,496	0,492	0,487

ξ	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
α	0,481	0,475	0,467	0,460	0,453	0,447	0,441	0,434	0,428	0,422	0,416

Ту же основную формулу Баха можно представить несколько иначе, выражая s функции b и H , не вводя туда величину ξ .

Полное давление на клетку, выраженное через b и H в мт.

$$P = 500 b H^2.$$

Среднее давление p кг/см.², выраженное через b и H мт.

$$p = \frac{P}{b H} \frac{1}{10000} = \frac{500 b H^2}{10000 b H} = \frac{5}{100} H,$$

поэтому считая s в см., а b и H в мт.,

$$s^2 = 0,5 \varphi \frac{10000 b^2}{K} \frac{5}{100} H \frac{1}{1 + \xi^2} = 250 \frac{\varphi}{K} \frac{b^2 H}{1 + \xi^2},$$

но $\xi = \frac{b}{H}$ и $b^2 H = H^3 \xi^2$,

поэтому $s^2 = 250 \frac{\varphi}{K} \frac{b^2 H^3}{b^2 + H^2},$

а с учетом на ржавление

$$s = (15,8 \sqrt{\frac{\varphi}{K} \frac{b^2 H^3}{b^2 + H^2}} + 0,1) \text{ см.}$$

Предлагаемая номограмма (см. ном. № 2) в значительной степени облегчает подсчет по этой формуле.

Ее точность так же, как и точность предыдущей номограммы, для целей практики совершенно достаточна, если принять во внимание, что при выводе формулы мы исходим из среднего давления, а также и то, что результат вычисления все равно округляется до целых мм.

Коэффициент φ принимают обычно:

$\varphi = 1,13$ для случая листовых и ригельных щитов;

$\varphi = 0,75$ для случая рамных и рамноригельных щитов.

Допускаемое напряжение на изгиб обычно принимают $K = 1000 \text{ кг/см}^2$, хотя эта величина может меняться в зависимости от целого ряда условий. Как было указано выше, формулы

$$s = a \sqrt{\frac{\varphi}{K} P} + 0,1 \text{ см.}$$

$$s = 15,8 \sqrt{\frac{\varphi}{K} \sqrt{\frac{b^2 H^3}{b^2 + H^2}}} + 0,1 \text{ см.}$$

были выведены для расчета рамных щитов. Тем не менее, они могут быть применены для *любой конструкции незаглубленных* щитов, а первая из формул также и для заглубленных щитов, стоит только рассматривать одну из клеток щитового полотна.

При расчете по первой из формул необходимо рассматривать ту клетку, где ξ ближе всего к единице, в большинстве случаев это будет первая клетка, а вообще ту клетку, которая находится в смысле соотношения ее размеров и давления в самых невыгодных условиях. При расчете по второй из формул необходимо исходить из размеров первой, сверху считая клетки, подставив вместо H —ее высоту.

В небольших щитах обшивка делается одинаковой толщины по всей высоте щита и только в больших щитах, где разница в подсчитанных толщинах обшивки в самой верхней и нижней клетках уже измеряется несколькими мм., там только имеется практическая необходимость подсчитывать толщину обшивки в различных клетках щита.

Высоты отдельных клеток определяются расположением ригелей.

Обычно проектирование ригелей ведут, исходя из условия равенства приходящихся на отдельные ригеля нагрузок, вследствие чего их профиля получаются одинаковыми. При расчете отдельного ригеля принимается, что все давление воды на щит выдерживается только ригелями, и на каждый ригель приходится половина давления воды на 2 смежных с ним клетках, за исключением первого ригеля, на который приходится $\frac{2}{3}$ давления на 1-ую клетку и $\frac{1}{2}$ давления на вторую.

Это приводит в конечном счете к следующим соотношениям:

$$x_1 = \frac{H}{\sqrt[4]{\frac{3}{n} + 1}} \quad \begin{aligned} x_2 &= 1,53 x_1 \\ x_3 &= 1,93 x_1 \\ x_4 &= 2,24 x_1 \end{aligned}$$

Здесь: n — общее число ригелей; x — глубина погружения ригеля.

n	1	2	3	4
$\frac{1}{\sqrt[4]{\frac{3}{n} + 1}}$	0,663	0,532	0,446	0,397

Каждый ригель можно рассматривать, как балку, нагруженную равномерно распределенной нагрузкой.

Для вывода расчетной формулы берем условия нагрузки первого ригеля (т. к. все ригеля нагружены одинаково).

В незаглубленных щитах на первый ригель приходится $\frac{2}{3}$ давления на 1-ую клетку и, равное этому, $\frac{1}{2}$ давления на 2-ую клетку.

Давление воды на 1-ую клетку равно:

$$P' = 500bx_1^2 \text{ кг. (} b \text{ и } x_1 \text{ в мт.)}$$

Нагрузка на 1-й ригель: $P_1 = 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 500b x_1^2 \text{ кг.}$

но $x_1 = \frac{H}{\sqrt{\frac{4}{3}n + 1}}$,
 поэтому $P_1 = \frac{2 \cdot 1000 b H^2}{3(\frac{4}{3}n + 1)} = \frac{2000 b H^2}{4n + 3}$ (b и H в мт.).

Изгибающий момент кг/см., если b выражено в мт.,

$$M = \frac{P \cdot b}{8} 100 = \frac{2000 b H^2}{8(4n + 3)} 100 = \frac{25000 b^2 H^2}{4n + 3} \text{ кг/см}$$

Момент сопротивления ригеля

$$W = \frac{25000 b^2 H^2}{(4n + 3) K} = 6250 \frac{b^2 H^2}{K(n + 0,75)} \text{ см.}^3$$

Для удобства пользования этой формулой построена номограмма (см. ном. № 3.)

В заглубленных щитах эпюра нагрузки в первой клетке представляет собой не треугольник, как в незаглубленных щитах, а трапецию.

Поэтому знаменатель формулы для расчета ригелей входит не $(n + 0,75)$, а $(n + 1)$, в числитель вместо H^2 входит $(H^2 - y^2)$.

Вследствие этого формула получает вид

$$W = 6250 \frac{b^2(H^2 - y^2)}{K(n + 1)} \text{ см.}^3$$

обозначения те же.

Предлагаемая номограмма (см. ном. № 4) с тремя бинарными сетками облегчает применение последней формулы.

Расчет пазовой конструкции сводится к подбору сечения стоек и траверзы (поперечины).

Первые могут быть подсчитаны по формуле Эйлера, вторая, как балка на изгиб. Действующей силой Q в обоих случаях является

$$Q = P\eta\alpha + G,$$

где P—полное давление воды на щит кг.; η —коэффициент трения щита о направляющие; α —коэффициент запаса, равный отношению между максимальным возможным усилием и нормальным усилием, на которое рассчитывается под'емный механизм; G—вес щитового полотна в воде кг.

Расчет винта следует производить для самого худшего из возможных сочетаний условий его работы.

Исходной величиной в этом расчете следует считать некоторое максимальное усилие, иногда в несколько раз больше нормального, на которое рассчитан под'емный механизм щита. Моментом, опасным для винта, можно принимать тот момент, когда щит уже близок к своему крайнему нижнему положению и какое-нибудь препятствие мешает окончательно сесть ему на место. Персонал, обслуживающий под'емник, не зная часто причины задержки, в попытках опустить щит развивает усилия, гораздо больше расчетных, и винт, работающий на продольный изгиб, согласно I случая, по Эйлеру (т. к. нельзя считать гайку траверзы прочной заделкой), должен быть на это рассчитан. В практике Водхоза принимают обычно в ручных под'емниках силу одного рабочего до 20 кг., чаще до 15 кг., а максимальное усилие, в течение короткого промежутка времени, до 50 кг.

Таким образом, винт следует рассчитывать на продольный изгиб силой 2,5.

Формулы расчета как винта, так и траверз со стойками совершенно обычны и здесь не приведены, т. к. подробно разбираются в соответствующих главах сопротивления материалов и деталей машин.

Они могут быть изложены в следующем виде:

Конкретные предложения по стандартному проекту. 1. Рассматриваем пока плоские щитовые затворы простого трения, как наиболее часто встречающиеся. Благодаря их несложности, применение массового проектирования здесь особенно удобно.

2. В практике Водного Хозяйства наиболее часто применяются одиннадцать конструктивных модификаций щитовых затворов, а именно: 1) листовые простые; 2) листовые с уголками жесткости на нижней и верхней кромках щита; 3, 4, 5, 6) ригельные с 1, 2, 3, 4 ригелями; 7) рамные; 8, 9, 10, 11) рамно-ригельные с 1, 2, 3, 4 ригелями.

Примем эти конструктивные типы для разработки в стандартном проекте.

Пазовые конструкции рассматриваем отдельно от подвижных полотен, т. к. возможно вполне сконструировать пазовую раму, подходящую к любому типу подвижных полотен при соответствующей ширине паза.

Траверзы (поперечины) рассматриваем отдельно, независимо от пазовых конструкций.

Также отдельно рассматриваем винты, их крепления, подъемные механизмы.

3. В качестве материала для изготовления щитовых затворов намечаем прокатанное литое железо; обшивка—листовое железо; ригели, стойки, траверзы—угловое железо; винты—круглые; крепления винтов к подвижному полотну—железные поковки.

Намечаем вместе с тем сортамент:

листовое толщиной 4, 5, 6, 7, 8 м.м.

уголки	50 × 50 × 5	70 × 70 × 7	100 × 100 × 9
	55 × 55 × 6	75 × 75 × 8	100 × 100 × 10
	60 × 60 × 6	80 × 80 × 8	100 × 65 × 10
	65 × 65 × 7	90 × 90 × 9	

швеллера—№№ 6½, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20;

круглое железо диаметром ¾", 1", 1½", 2", 2½", 3";

заклепки d = ½" при расстоянии между ними = 100 м.м.

В пазовых конструкциях возможны отступления от величины шага l = 100 м.м.

Пояснение:

1) Для обшивки, из условия ржавления, редко применяется железо тоньше 4 м.м.

Сравнительные подсчеты, сделанные для ряда конструкций, показывают, что ставить обшивку толще 8 м.м. нет смысла, так как в этом случае применение лишнего ригеля или стойки гораздо рациональнее.

Вообще можно заметить, что в пределах до b и H = 3 мт., редко приходится ставить обшивку толще 6—7 м.м. Почти во всех случаях подвижное полотно с лишним ригелем или стойкой, но зато тонкой обшивкой, оказывается легче, чем подвижное полотно с более толстой обшивкой и, за счет этого, меньшим числом ригелей.

2. Из обширного сортамента углового железа выбрано:

а) равнобокое (за исключением 100 × 65 × 10—для траверз небольших пазовых конструкций); б) удельно наиболее прочные (по отношению к весу), т. е. выбраны такие сорта, которые обладают при наименьшем весе наибольшим моментом инерции и сопротивления. Это сорта с наименьшей толщиной стенки

Сечения, большие, чем $100 \times 100 \times 10$, брать не имеет смысла, так как при одинаковом моменте сопротивления швеллерное железо оказывается значительно более легким.

3. Швеллера № 6½—12 предназначаются для ригелей и траверз.

Швеллера № 14—20 только для траверз.

4. Диаметр заклепок ½" и шаг $l = 100$ м.м. совершенно достаточны для всех случаев в границах b и $H = 0,5 \dots 3,00$ мт.

5. Намечаем изменение величин b , H и y через каждые 0,25 мт., при чем

$b = 0,5, 0,75, 1,00, 1,25, \dots, 2,75, 3,00$ м.м.

$H = 0,5, 0,75, 1,00, 1,25, \dots, 2,75, 3,00$ м.м.

$\dots, 4,75, 5,00$ мт.

$y = 0, 0,25, 0,50, 0,75, 1,00, 1,25, 1,50, 1,75, 2,00$ мт.

$\alpha = 90^\circ$ и 45° .

Таким образом, b имеет 11 значений, H —19, y —9, α —2.

Наклонные щиты употребляются иногда в мелких водовыпусках. Поэтому вполне возможно ограничиться $\alpha = 90^\circ$, рассматривая только вертикально установленные щиты.

Наименьшая величина перекрываемого отверстия $0,5 \times 0,5$ мт.

6. Вводим ограничительные условия по следующим признакам:

а) отношение высоты отверстия к ширине, т.е.

отношение $\frac{H-y}{b}$ меняется в пределах от 0,4 до 2,5

$$\frac{1}{2,5} < \frac{H-y}{b} < \frac{2,5}{1}.$$

б) Если обшивка щитового полотна получается толще, чем $s = 8$ м.м. (с запасом на ржавление), принимаем, что данная конструкция неприменима.

в) Если ригеля получаются большего сечения, чем $100 \times 100 \times 10$, в ригельных щитах и № 12 $\square$ в рамных и рамно-ригельных, принимаем, что данная конструкция неприменима.

г) В траверзах (поперечинах) пазовых конструкций принимаем наибольший профиль № 20 $\square$ при 2 под'емных винтах, расположенных на 0,70 мт. от стоек.

д) Количество под'емных винтов:

$$1 \text{ винт для } \frac{H-y}{b} > 1$$

$$2 \text{ винта для } \frac{H-y}{b} < 1.$$

Кроме того, если в случае $\frac{H-y}{b} > 1$ винт 3" получается недостаточным, или для траверзы требуется профиль больший, чем два № 20 $\square$, применяем 2 винта.

7. Сравнения выгодности применения той или иной конструкции для каждой из комбинаций напора, пролета и заглубления, производим, исходя из стоимости затвора. Пазовая конструкция для одинаковых b , H , y почти не меняется при полотнах различной конструкции. Поэтому для выбора типа щитового затвора достаточно сравнить между собой одни подвижные полотна.

На заводах Средней Азии установилась расценка за изготовление щитовых затворов по весу готового изделия. Можно принять, вследствие этого, как первое приближение, сравнение отдельных конструкций по их весу.

8. Дальнейшие пути развития и разработки стандартного проекта щитовых затворов намечаются, примерно, следующим образом:

а) Проработка стоечных и ригельностоечных щитовых полотен с 1, 2, 3, 4 стойками совершенно так же, как это намечалось для щитов упомянутых выше 11 типов.

б) Проработка деревянных щитовых полотен при заранее намеченном ассортименте леса. Для сравнения с железными щитами воспользоваться средним коэффициентом, указывающим соотношение стоимости единицы веса деревянной поделки и металлической.

в) Проработка секторных затворов с предварительным выяснением соотношения геометрических размеров затвора.

г) Сравнение результатов проектирования по различным конструкциям щитовых затворов и составление об'единенной таблицы для выбора типа щита для любой комбинации b, H, y в пределах между $b = 0,5 : 5$ мт.; $H = 0,5 : 5$ мт.; $y = 0 : 2$ мт.

Теперь несколько цифр ориентировочного характера.

Предварительные подсчеты показали, что общее число щитов при всех перечисленных выше условиях не так велико, как это может показаться с первого взгляда.

Вот, например:

общее число незаглубленных листовых щитов	16
» » незаглубленных щитов с уголка- ми жесткости около	34
» » незаглубленных щитов всех 11 типов около	700
» » щитовых затворов, охватываемое проектом в це- лом, — примерно, до (цифра нуждается в проверке). 5000	

Сопоставление обычных способов единичного проектирования и массового проектирования с широким применением графических методов расчета и проверки дает любопытные результаты: обычная проектировка среднего щитового затвора требует около 3 дней работы инженера, 2-х дней работы техника и 2—3 дней работы чертежника, что в переводе на деньги, с учетом накладных расходов дает среднюю цифру порядка 60 рублей.

Основная черта описываемого проекта заключается в том, что при хорошо проработанной идейной части проекта, подобранных формулах, составленных номограммах и хорошей общей организации дела, этот проект могут выполнять под наблюдением инженера малоквалифицированные работники.

Налаживание работы может отнять до полутора месяца, сама же работа совершается довольно быстро.

В практике автора был случай, когда ему пришлось поручить подобный подсчет щитовых затворов технику, мало знакомому с расчетом щитов и совершенно незнакомому с методами номографии. Расчет велся в массовом порядке. После надлежащего инструктирования техник на второй день своей работы сделал 100, на третий около 200, на четвертый около 250 полных подсчетов щитовых полотен.

Имеются основания полагать, что описываемый проект 11 типов плоских щитовых затворов простого

трения можно выполнить при длительности работы
инженера в общем 4 месяца $4 \times 250 = 1000$ руб.

мл. техника до 8 месяцев $8 \times 100 = 800$ руб.

1800 руб.

К этому нужно прибавить 10% добавочных расходов, что дает общую стоимость порядка 2000 р., т. е. стоимость 40 единичных проектов. Если теперь принять во внимание, что стандартный проект исчерпывает все практически возможные комбинации и что при наличии его, время,

потребное на проектировку, практически сводится к нулю, — будет совершенно ясна выгодность его введения.

Можно считать с большой вероятностью, что по Союзу проектируется не меньше 20 щитовых затворов в год. Это дает основание полагать, что стоимость проекта может окупиться в 2—3 года.

В виде пояснения к методу подсчета и форме вычислений здесь приводятся несколько таблиц.

Таблица 1.

Т а б л и ц а о т н о ш е н и й $\frac{b}{H-y} = \xi$		1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50
$\frac{b}{H-y}$	b	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50
1,00	1,00	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50												
1,25	1,25	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20	2,40										
1,50	1,50	1,67	0,83	1,00	1,17	1,33	1,50	1,67	1,83	2,00	2,17	2,33	2,50							
1,75	1,75	0,57	0,71	0,86	1,00	1,14	1,29	1,43	1,57	1,72	1,86	2,00	2,14	2,28	2,43					
2,00	2,00	0,50	0,63	0,75	0,88	1,00	1,12	1,25	1,38	1,50	1,63	1,75	1,88	2,00	2,13	2,25	2,38	2,50		
2,25	2,25	0,45	0,56	0,67	0,78	0,89	1,00	1,11	1,22	1,33	1,44	1,55	1,66	1,77	1,88	2,00	2,10	2,22	2,33	2,44
2,50	2,50	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00	2,10	2,20
2,75	2,75	—	0,45	0,545	0,64	0,73	0,82	0,91	1,00	1,09	1,18	1,27	1,36	1,46	1,55	1,64	1,73	1,82	1,91	2,00
3,00	3,00	—	0,42	0,500	0,58	0,67	0,75	0,83	0,92	1,00	1,08	1,17	1,25	1,33	1,42	1,50	1,58	1,67	1,75	1,83
3,25	3,25	—	—	0,46	0,54	0,62	0,69	0,77	0,85	0,92	1,00	1,08	1,15	1,23	1,31	1,38	1,46	1,54	1,62	1,69
3,50	3,50	—	—	0,43	0,50	0,57	0,64	0,71	0,79	0,86	0,93	1,00	1,07	1,14	1,21	1,29	1,36	1,43	1,50	1,57
3,75	3,75	—	—	0,40	0,47	0,53	0,60	0,67	0,73	0,80	0,87	0,93	1,00	1,07	1,13	1,20	1,27	1,33	1,40	1,47
4,00	4,00	—	—	—	0,44	0,50	0,56	0,63	0,69	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00	1,06	1,13	1,19	1,25	1,31	1,38
4,25	4,25	—	—	—	0,41	0,47	0,53	0,59	0,65	0,71	0,76	0,82	0,88	0,94	1,00	1,06	1,12	1,18	1,24	1,29
4,50	4,50	—	—	—	—	0,45	0,50	0,56	0,61	0,67	0,72	0,78	0,83	0,89	0,95	1,00	1,06	1,11	1,17	1,22
4,75	4,75	—	—	—	—	0,42	0,47	0,53	0,58	0,63	0,68	0,74	0,79	0,84	0,89	0,95	1,00	1,05	1,10	1,16
5,00	5,00	—	—	—	—	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10
5,25	5,25	—	—	—	—	—	0,43	0,48	0,52	0,57	0,62	0,67	0,71	0,76	0,81	0,86	0,91	0,95	1,00	1,05
5,50	5,50	—	—	—	—	—	0,41	0,45	0,50	0,55	0,59	0,64	0,68	0,73	0,77	0,82	0,86	0,91	0,95	1,00
5,75	5,75	—	—	—	—	—	—	0,43	0,48	0,52	0,57	0,61	0,65	0,69	0,74	0,78	0,83	0,87	0,91	0,96

Продолжение таблицы 4.

Н \ б	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75
2,50	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	222,7	—	—	—	—	—	—	—
	—	183,6	266,8	—	—	—	—	—	—
	—	182,5	250,1	—	—	—	—	—	—
2,75	—	158,6	247,0	319,9	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	200,6	288,7	—	—	—	—	—	—
	—	200,8	274,6	386,8	—	—	—	—	—

Примечание: 1). 1-ая строка — простой листовой щит; 2-ая строка — листовой щит с уголками жесткости; 3-я строка — ригельный щит с одним ригелем; 4-я строка — ригельный щит с двумя ригелями; 5-я строка — ригельный щит с тремя ригелями; 6-я строка — ригельный щит с четырьмя ригелями.

2. Вес подвижного полотна в кг. без учета веса заклепок и соединительных уголков, что может составить до 5% общего веса.

Таблица наиболее легких конструкций.

Сравнение произведено по таблице 4 между незаглубленными щитами 6 типов: листовыми, листовыми с уголками жесткости и ригельными по признаку веса.

Обозначения в клетках показывают наиболее легкую конструкцию для соответствующих комбинаций напора и пролета.

Таблица 5

Н \ б	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75
0,75	л	у. ж.	у. ж.	у. ж.	у. ж.	у. ж.			
1,00	л	у. ж.	р. 1	р. 1	р. 1	у. ж.	р. 1.	р. 1	—
1,25	у. ж.	р. 1	р. 1	р. 1	р. 1	р. 1	р. 2	р. 2	р. 3
1,50	у. ж.	р. 3	р. 2	р. 2	р. 2	р. 2	р. 3	р. 4	р. 4
1,75	р. 1	р. 4	р. 2	р. 3	р. 3	р. 4			
2,00	у. ж.	р. 3	р. 3	р. 3	р. 3				
2,25	—	р. 3	р. 3	р. 3					
2,50	—	р. 3	р. 3						
2,75	—	р. 3	р. 3						

Обозначения: л — листовой щит; у. ж. — листовой с уголками жесткости; р. 1 — ригельный с 1 ригелем; р. 2 — ригельный с 2 ригелями; р. 3 — ригельный с 3 ригелями; р. 4 — ригельный с 4 ригелями.

Таблица для выбора наиболее легких конструкций.

Сравнению подвергнуты незаглубленные ($y = 0$) щиты 11 типов по признаку веса.

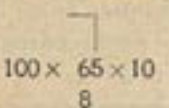
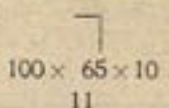
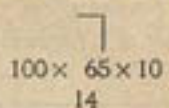
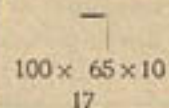
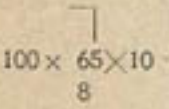
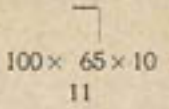
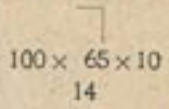
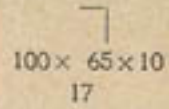
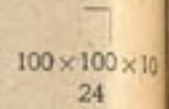
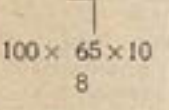
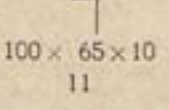
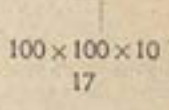
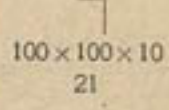
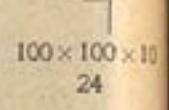
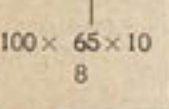
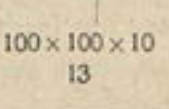
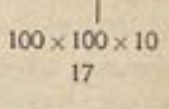
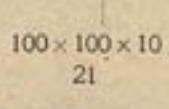
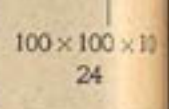
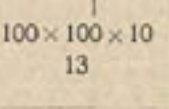
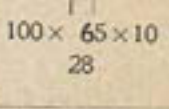
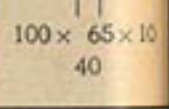
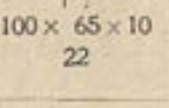
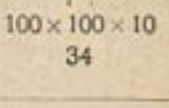
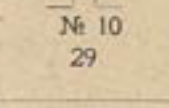
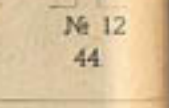
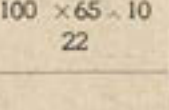
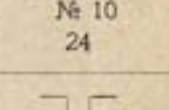
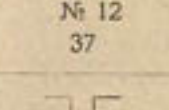
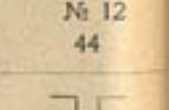
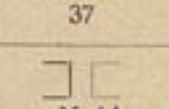
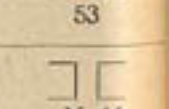
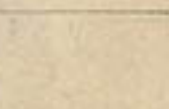
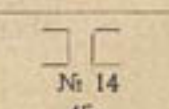
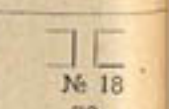
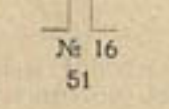
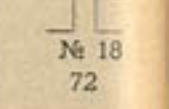
л. — листовые; у. ж. — листовые с уголками жесткости; р. — рамные; р. 1 — ригельные с 1 ригелем; р. 2, 3, 4 — ригельные с 2, 3, 4 ригелями; р. р. 1 — рамно-ригельные с 1 ригелем; р. р. 2, 3, 4 — рамно-ригельные с 2, 3, 4 ригелями.

Таблица 6.

Н \ б	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
0,50	л.	л.	л.	л.	л.						
0,75	л.	у. ж.	у. ж.	у. ж.	у. ж.	у. ж.					
1,00	л.	у. ж.	у. ж.	р. 1	р.	р. 1	р.	р.	р.		
1,25	л.	у. ж.	р. 1	р. 2	р. 2	р. 1	р. р. 2	р.	р. р. 3	р. р. 4	р. р. 3
1,50	л.	р. 1	р. 2	р. 4	р. 2	р. 3	р. р. 3	р. р. 2	р. р. 3	р. р. 3	р. р. 3
1,75		р. 1	р. 3	р. 4	р. 3	р. р. 3	р. р. 4	р. р. 3	р. р. 4	р. р. 3	р. р. 4
2,00		р. 1	р. 4	р. 3	р. 3	р. р. 4	р. р. 3	р. р. 4	р. р. 4	р. р. 4	р. р. 4
2,25			р. 4	р. 4	р. р. 4	р. р. 3	р. р. 4	р. р. 4	р. р. 4	р. р. 4	
2,50				р. р. 3	р. р. 4	р. р. 4	р. р. 4	р. р. 4			
2,75				р. р. 4	р. р. 4	р. р. 3	р. р. 4	р. р. 4			
3,00				р. р. 3	р. р. 4	р. р. 4	р. р. 4				

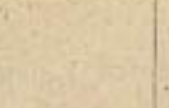
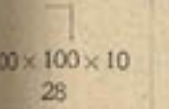
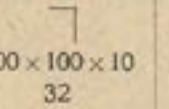
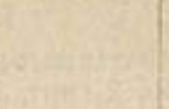
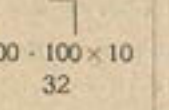
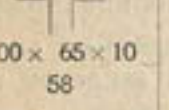
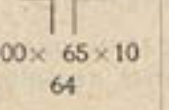
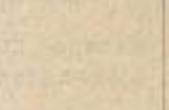
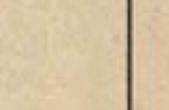
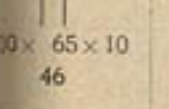
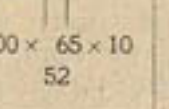
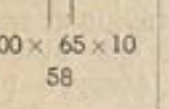
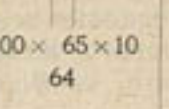
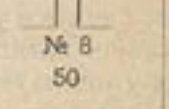
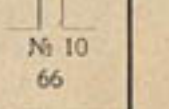
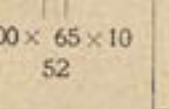
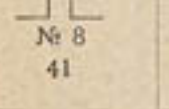
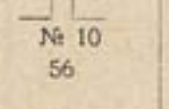
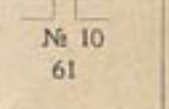
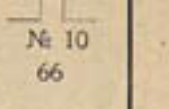
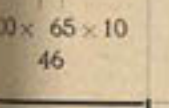
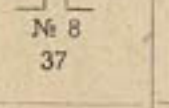
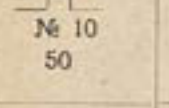
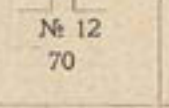
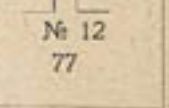
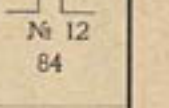
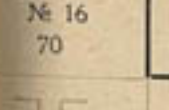
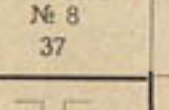
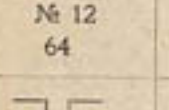
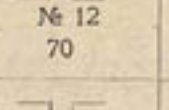
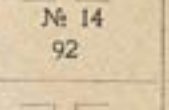
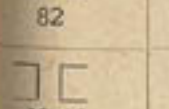
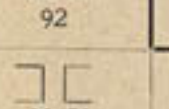
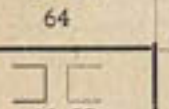
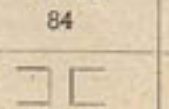
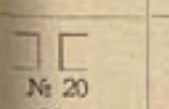
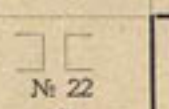
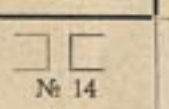
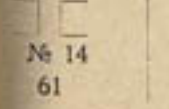
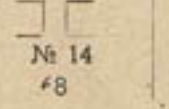
Таблица получена на основании сравнения весов конструкций, для которых использован сортамент, указанный выше.

Сечения и веса траверз пазовых кон

Н \ b	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50
0,50	 100 × 65 × 10 8	 100 × 65 × 10 11	 100 × 65 × 10 14	 100 × 65 × 10 17	
0,75	 100 × 65 × 10 8	 100 × 65 × 10 11	 100 × 65 × 10 14	 100 × 65 × 10 17	 100 × 100 × 10 24
1,00	 100 × 65 × 10 8	 100 × 65 × 10 11	 100 × 100 × 10 17	 100 × 100 × 10 21	 100 × 100 × 10 24
1,25	 100 × 65 × 10 8	 100 × 100 × 10 13	 100 × 100 × 10 17	 100 × 100 × 10 21	 100 × 100 × 10 24
1,50		 100 × 100 × 10 13	 100 × 65 × 10 28	 № 8 24	 100 × 65 × 10 40
1,75		 100 × 65 × 10 22	 100 × 100 × 10 34	 № 10 29	 № 12 44
2,00		 100 × 65 × 10 22	 № 10 24	 № 12 37	 № 12 44
2,25			 № 10 24	 № 12 37	 № 14 53
2,50			 № 10 24	 № 14 45	 № 16 61
2,75				 № 14 45	 № 18 72
3,00				 № 16 51	 № 18 72

струкций незаглубленных щитов.

Таблица 7.

	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
	 100 × 100 × 10 28	 100 × 100 × 10 32				
	 100 × 100 × 10 28	 100 × 100 × 10 32	 100 × 65 × 10 58	 100 × 65 × 10 64		
	 100 × 65 × 10 46	 100 × 65 × 10 52	 100 × 65 × 10 58	 100 × 65 × 10 64	 № 8 50	 № 10 66
	 100 × 65 × 10 46	 100 × 65 × 10 52	 № 8 41	 № 10 56	 № 10 61	 № 10 66
	 100 × 65 × 10 46	 № 8 37	 № 10 50	 № 12 70	 № 12 77	 № 12 84
	 № 16 70	 № 8 37	 № 12 64	 № 12 70	 № 14 92	 № 14 100
	 № 18 82	 № 18 92	 № 12 64	 № 14 84	 № 14 92	
	 № 18 82	 № 20 108	 № 22 141	 № 14 84		
	 № 20 96	 № 22 126	 № 14 76			
	 № 14 61	 № 14 68				

Пояснение к таблице 7.

1. В левой части таблицы показаны сечения траверз для щитов с 1 винтом.

В правой — для щитов с 2 винтами.

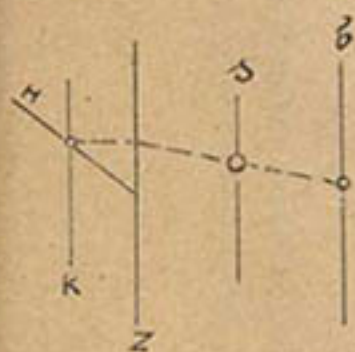
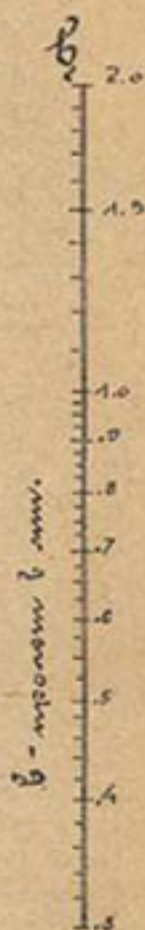
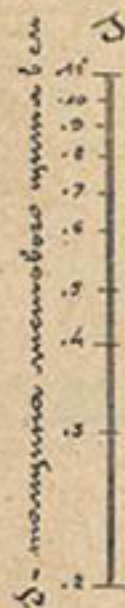
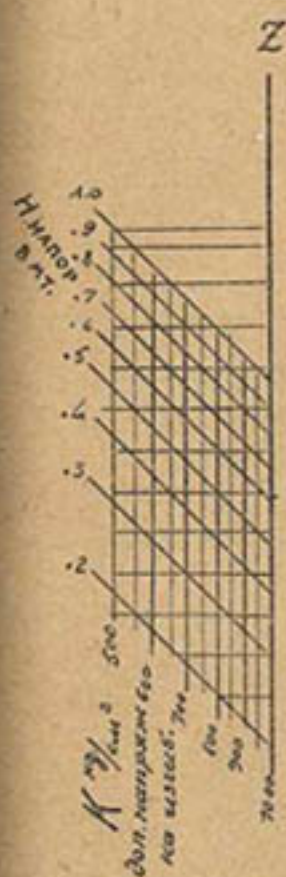
2. Для щитовых полотен $\xi = \frac{b}{H} < 1$ применяется 1 винт;
 $\xi = \frac{b}{H} > 1$ применяются 2 винта,

при чем швеллер траверзы берется не $> \text{№ } 22$. Если больше, то при любом ξ , также 2 винта.

3. В настоящей статье принят предельный размер швеллера № 20, в связи с чем нижняя часть таблицы может слегка измениться.
4. Веса траверз показаны округленными до целых килограммов без учета соединительных косынок, заклепок и т. д.
5. Конструкция  из швеллера № 8 прочнее, чем  из уголков $100 \times 65 \times 10$, будучи в то же время легче. В таблице показаны в этих случаях уголкового конструкции, так как часто наблюдается отсутствие швеллерного железа на рынке, но если имеется тот или другой материал, конечно, следует предпочесть траверзу из швеллеров.
-

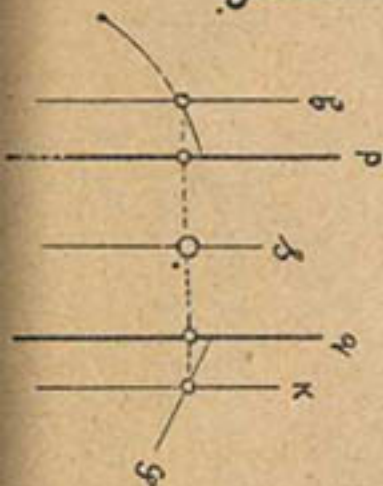
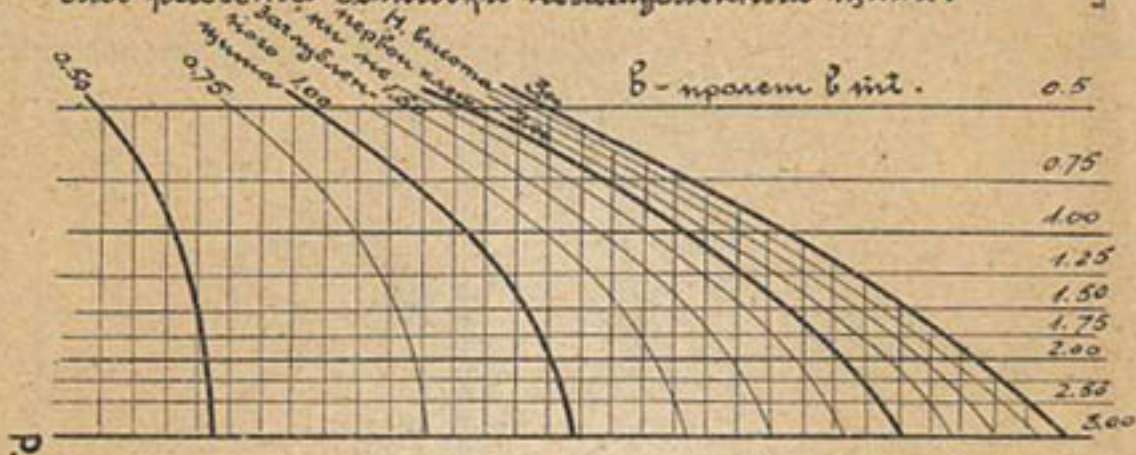


1. Номограмма формулы $\delta = [19.4 \sqrt{\frac{H}{K} + 0.1}] \text{ см}$
 для расчета листовых щитов

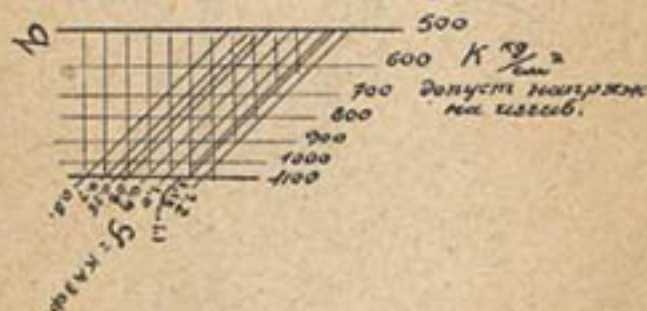


Пользование номограммой:
 заданы H , b и K найти δ
 Проектируя на ось Z точки
 пересечения линий заданных
 K и H соединить с пометкой
 заданного b на оси b в точке
 пересечения с осью δ получить
 результат.

2 Номограмма формулы $\delta = \left[253 \frac{q}{K} \frac{H^3 b^2}{H^2 + b^2} + 0,1 \right] \text{ см}$
 для расчета обшивки незагруженных щитов



δ толщина обшивки в м/м.



Пояснения к номограмме:

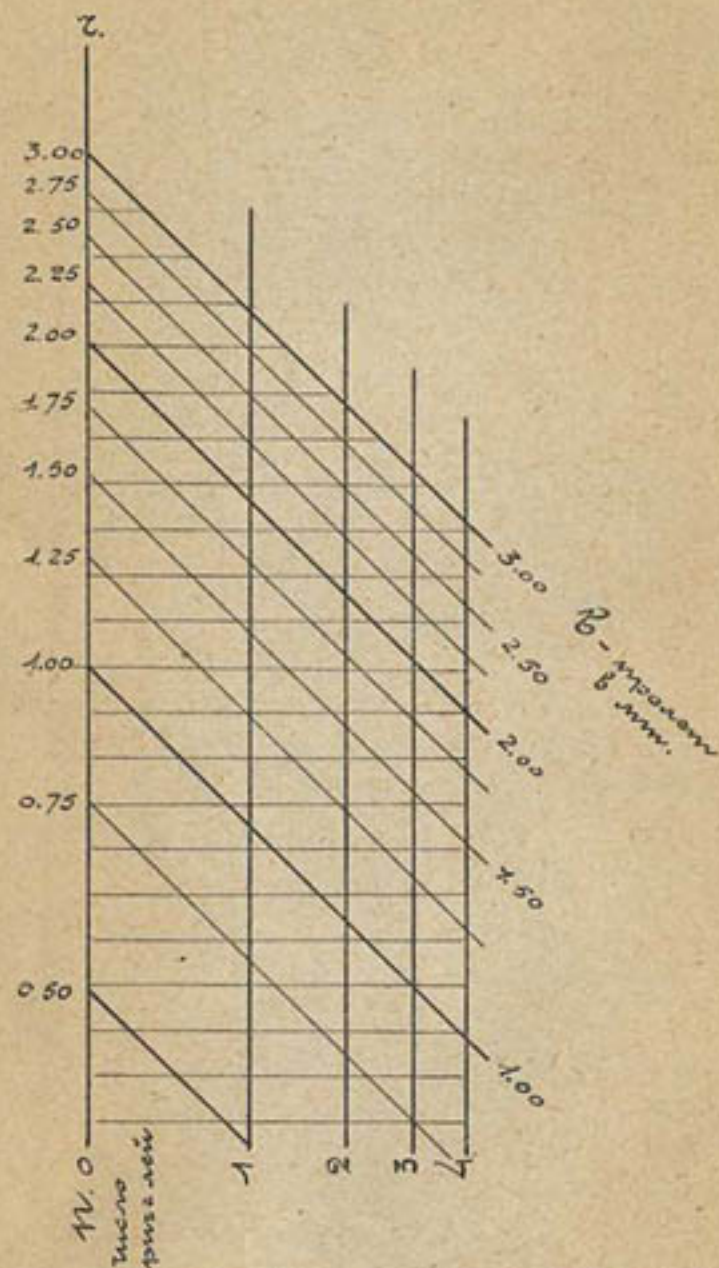
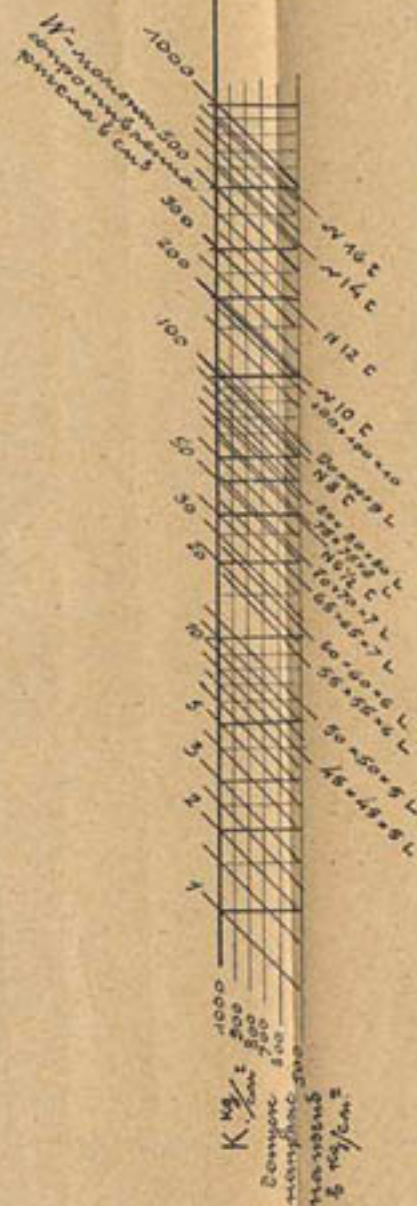
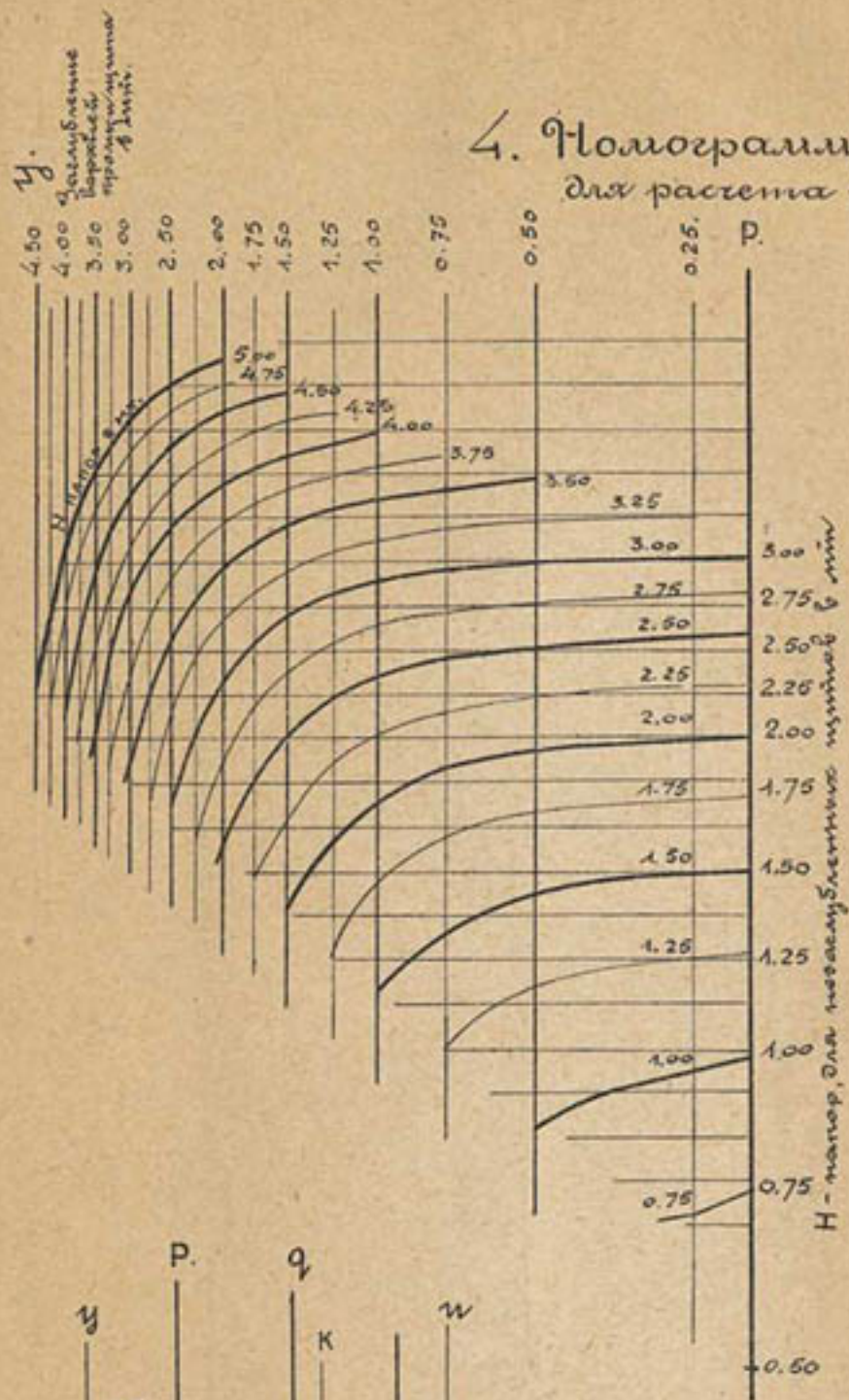
1 Справочные данные модуля упругости щита H в мм P

2 K и q . . .

3 Заданные нагрузки точки, в пересечении со строю δ — искомого радиуса.

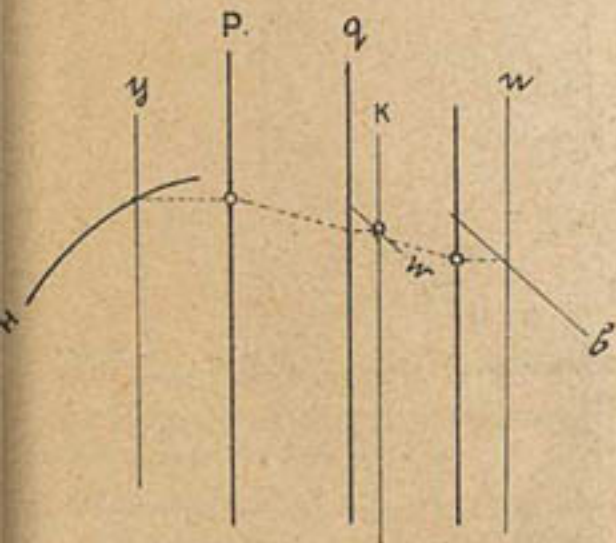
4. Помограмма формулы для расчета ривелей шпиль

$$W = \frac{6250 (H^2 - y^2) b^2}{K (n+1)}$$

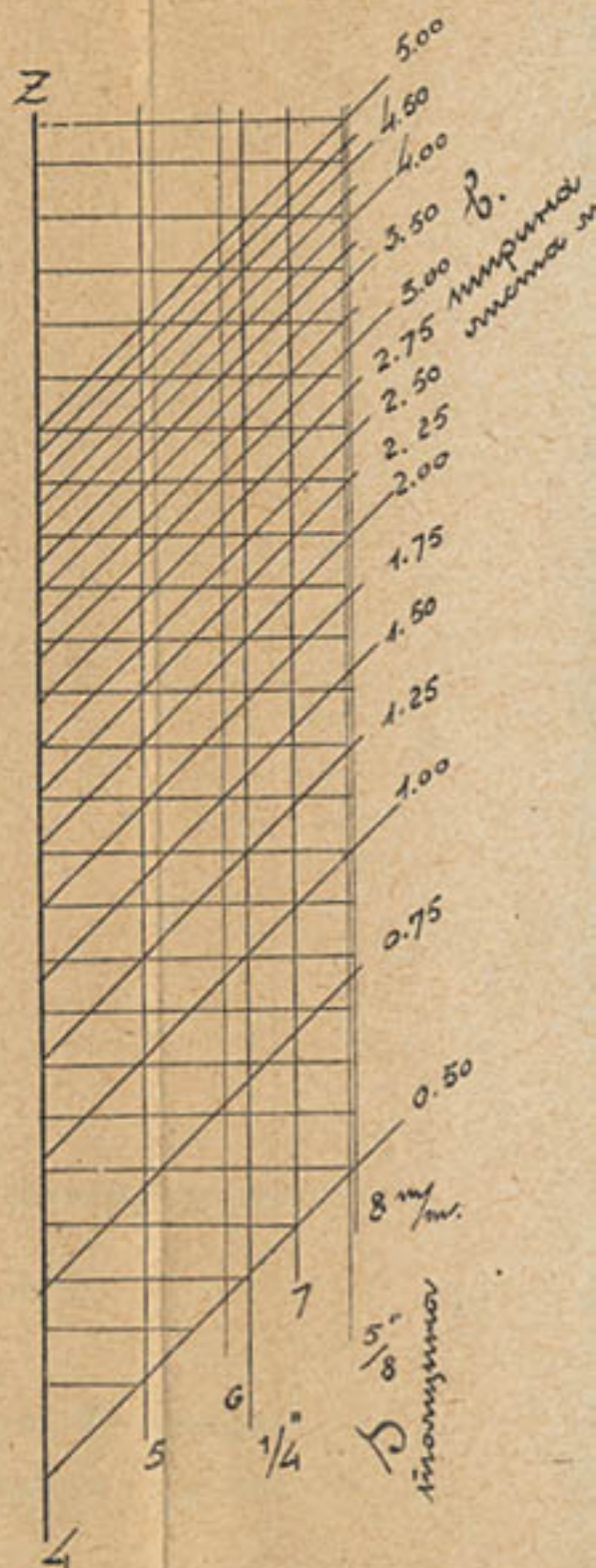
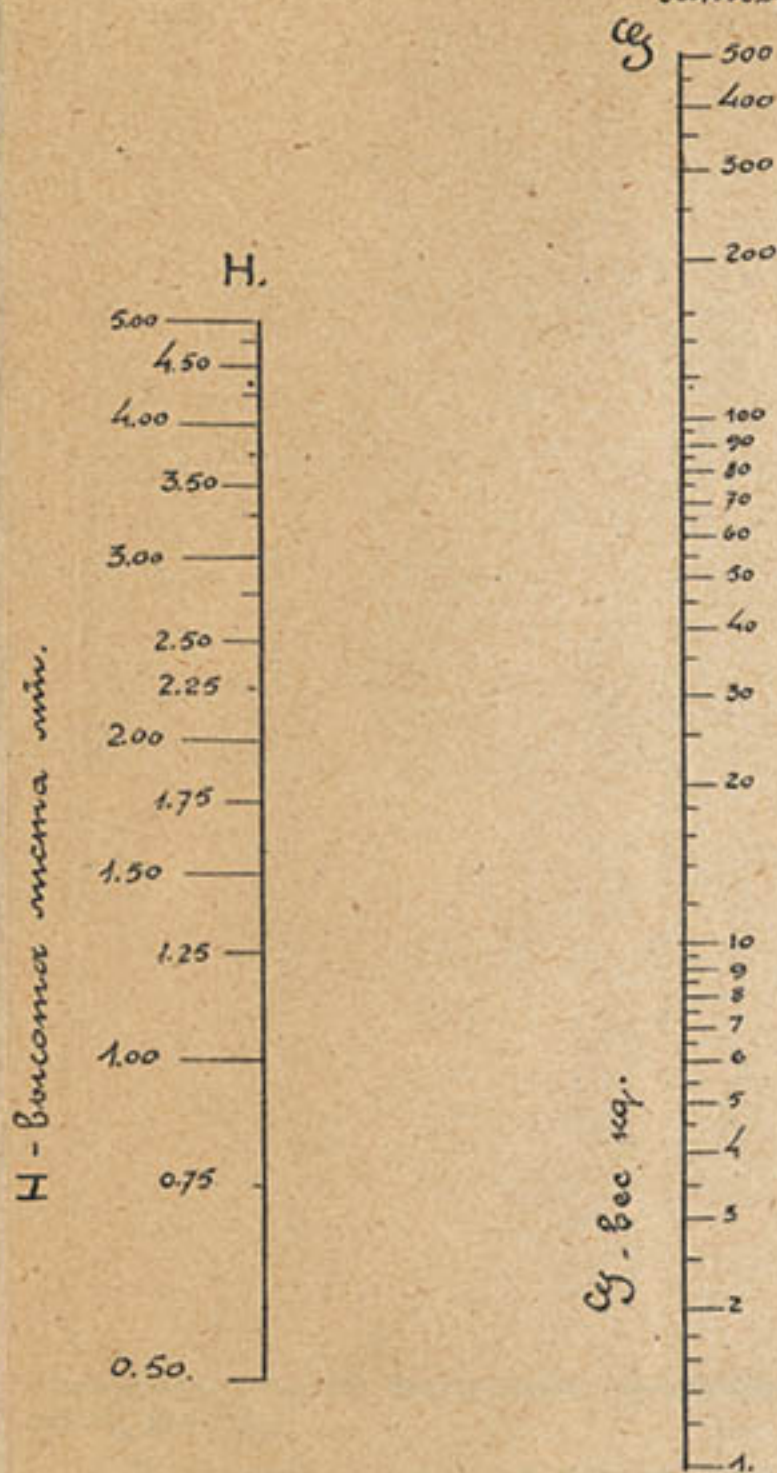


Пользование номограммой.

- Основные шкалы номограммы, P, Q и Z суть шкалы проективные, их построили - проекции точек пересечения двух систем линий, расположенных около каждой оси.
- Для определения W нужно:
1. Проецировать точку пересечения линий H и y на ось P.
 2. Проецировать точку пересечения линий b и n на ось Z.
 3. Соединить полученные точки между собой.
 4. По полученной на оси Q, точке провести горизонтальную (⊥ к оси Q) линию до пересечения с линией заданного K. Линия W проходящая через эту последнюю точку и есть искомая.



5. Номограмма для подсчета веса листового железа ($\gamma = 7.85$) для определения веса обшивки цитовых датчиков.



Пользование номограммой

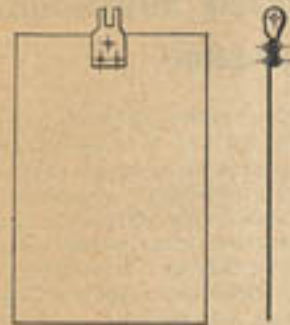
проектировать точку пересечения линий дан. в и δ на оси Z.

соединить полученную точку с пометкой . В пересечении соединительной прямой осью G получается искомый вес.

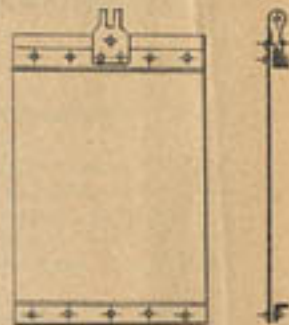
Копия Илл. П. У. Мокш.

Всеми конструкциями подвижных полотен плоских шитовых занавесов простого строения.

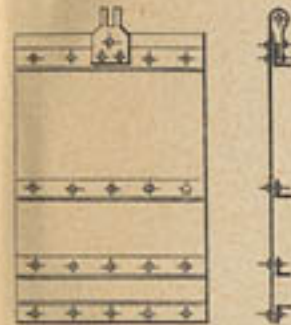
Листовой простой



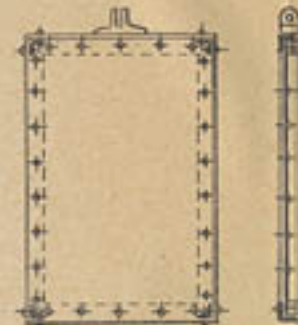
Листовой
с ушками жесткости.



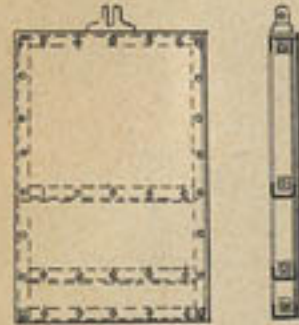
Висельный
с 2 ригелями.



Ванной



Ванно-висельный
с 2 ригелями.



В. И. Владычанский и Л. К. Коревицкий.

Сотр. Оп.-Иссл. Ин-та Водн. Хоз

Регулирование расхода заиляющихся каналов¹⁾.

Одной из основных задач эксплуатации ирригационных систем является регулирование в них расхода воды.

На каналах, снабженных специальными измерительными приборами (наприм., водосливами Чиполетти и др.), или имеющих гидрометрические посты с твердо установленной кривой зависимости между расходами и уровнями воды,—такая задача разрешается весьма просто и сводится к доведению уровня воды в канале до известного показания водомерной рейки, соответствующего заданному расходу.

Регулирование расхода на каналах заиляющихся, не имеющих специальных измерителей расходов, осложняется тем обстоятельством, что пользоваться кривой зависимости расходов от высоты уровня, с целью определения уровня по заданному расходу—невозможно, так как неизбежно, вследствие повышения дна, одному и тому же расходу будут соответствовать различные уровни²⁾. В таком случае заданный расход может быть пущен путем: 1) непосредственного измерения расхода; 2) понижения или повышения уровня; и 3) повторного измерения расхода. В лучшем случае это удастся сделать после двух определений расхода непосредственным измерением.

Пользуясь нижеприводимым методом, можно сократить полевую работу и ускорить регулировку расхода.

Предположим, что имеется канал, по которому требуется пустить ток воды Q_1 литров в сек. Пускаем расход Q «на глаз» (при навыке Q отличается от Q_1 обычно не больше как на 10—15%). Делаем полное измерение расхода вертушкой, вычисляем расход Q и вычисляем разность $Q - Q_1$.

Для средней скорости потока имеем формулу Шези:

$$v = C \sqrt{Ri} \dots \dots \dots (1).$$

в которой: C — коэффициент, зависящий от состояния русла, R — гидравлический радиус $= \frac{F}{P}$, где F — площадь живого сечения и P — смоченный периметр; i — гидравлический уклон.

¹⁾ Настоящая статья представляет математическую проработку одного из вопросов, выдвинутых при разработке Оп.-Исслед. Ин-том Водн. Хоз. «Инструкции для Эксплуатационной Гидрометрии».

²⁾ Кривая зависимости расходов от уровней для таких русел определяется весьма неточно.

Обозначая через B ширину потока по верху, имеем:

$$F = Bh \quad \dots \dots \dots (2)$$

где h — средняя глубина живого сечения.

Поэтому для измеренного расхода Q при горизонте H получаем такую формулу:

$$Q = BCh \sqrt{Ri} \quad \dots \dots \dots (3).$$

Для какого-нибудь другого расхода Q_1 , при горизонте H_1 , будем иметь:

$$Q_1 = B_1 C_1 h_1 \sqrt{R_1 i_1} \quad \dots \dots \dots (4).$$

Если $K = \frac{Q - Q_1}{Q}$ не превышает 0,10 — 0,15 и если промежуток времени между тем моментом, когда пускают расход Q_1 , и тем моментом, когда было произведено определение расхода Q , незначителен, то можно считать, что в этот промежуток времени состояние русла не изменилось вовсе, — а изменением гидравлического уклона можно пренебречь, — и потому имеем:

$$C_1 = C \quad \dots \dots \dots (5)$$

$$i_1 = i \quad \dots \dots \dots (6).$$

Деля (3) на (4) и принимая во внимание (5) и (6), получим:

$$\frac{Q}{Q_1} = \frac{Bh \sqrt{R}}{B_1 h_1 \sqrt{R_1}} \quad \dots \dots \dots (7).$$

Целый ряд произведенных вычислений — при условии, что $K = \frac{Q - Q_1}{Q}$ не будет превышать 0,15 — позволил установить следующие приближенные эмпирические равенства (достаточные для нужд практики):

$$\frac{B \sqrt{R}}{B_1 \sqrt{R_1}} = \frac{\sqrt{h}}{\sqrt{h_1}} \quad \dots \dots \dots (8)$$

и

$$H - H_1 = h - h_1 \quad \dots \dots \dots (9),$$

которые будут тем ближе к истине, чем коэффициент K будет меньше.

При наличии (8), наше (7) переписывается так:

$$\frac{Q}{Q_1} = \frac{h^{3/2}}{h_1^{3/2}} \quad \dots \dots \dots (10),$$

откуда:

$$\frac{h_1}{h} = \left(\frac{Q_1}{Q} \right)^{2/3} \quad \dots \dots \dots (11).$$

Вычитая обе части из единицы, имеем:

$$\frac{h - h_1}{h} = 1 - \left(\frac{Q_1}{Q} \right)^{2/3} \quad \dots \dots \dots (12),$$

или:

$$h - h_1 = h \left(1 - \left(\frac{Q_1}{Q} \right)^{2/3} \right) \quad \dots \dots \dots (13)$$

Пусть

$$Q_1 = Q - \Delta Q \dots \dots \dots (14)$$

Тогда (13) напишется так:

$$h - h_1 = h \left(1 - \left(\frac{Q - \Delta Q}{Q} \right)^{2/3} \right) \dots \dots \dots (15)$$

или:

$$h - h_1 = h \left(1 - \left(1 - \frac{\Delta Q}{Q} \right)^{2/3} \right) \dots \dots \dots (16),$$

или, принимая во внимание, что $\frac{\Delta Q}{Q} = K$,

имеем:

$$h - h_1 = h \left(1 - (1 - K)^{2/3} \right) \dots \dots \dots (7)$$

Разберем выражение:

$$A = (1 - K)^{2/3} \dots \dots \dots (18).$$

Так как число K не превышает 0,15, то к равенству (18) можно применить разложение по биному Ньютона.

Получаем:

$$A = (1 - K)^{2/3} = 1 - \frac{2}{3} K - \frac{1}{9} K^2 - \frac{4}{81} K^3 - \dots \dots \dots (19)$$

Подставляя полученное разложение числа A вместо самого числа в (17), имеем:

$$h - h_1 = h \left(\frac{2}{3} K + \frac{1}{9} K^2 + \frac{4}{81} K^3 + \dots \right) \dots \dots \dots (20),$$

или:

$$h - h_1 = a_1 + a_2 + a_3 + \dots \dots \dots (21),$$

где:

$$a_1 = \frac{2}{3} Kh \dots \dots \dots (22)$$

$$a_2 = \frac{1}{9} K^2 h \dots \dots \dots (23)$$

$$a_3 = \frac{4}{81} K^3 h \dots \dots \dots (24)$$

и т. д.

Покажем, что при условии, что $K \leq 0,15$ и $h \leq 150$ см. числами $a_2, a_3, \dots$ можно будет пренебречь и для практики будет вполне достаточно пользоваться приближенным равенством:

$$h - h_1 = \frac{2}{3} Kh \dots \dots \dots (25).$$

В самом деле, подставляя в выражении чисел a_2, a_3 вместо K и h их наибольшие значения, находим:

$$a_2 = \frac{1}{9} K^2 h = \frac{1}{9} \cdot 0,15^2 \cdot 150 = 0,375 \text{ см.}$$

$$a_3 = \frac{4}{81} K^3 h = \frac{4}{81} \cdot 0,15^3 \cdot 150 = 0,025 \text{ см}$$

Дальнейшие числа разложения будут еще меньше, так что оставляя только один член разложения: a_1 — мы сделаем ошибку меньше 0,5 см., т. е. меньше точности измерения глубин и уровней (1 см.).

Таким образом, имеем окончательно, что при $K \leq 0,15$ и $h \leq 150$ см.:

$$h - h_1 = \frac{2}{3} Kh \quad \dots \dots \dots (25)$$

Для удобства пользования выражениями:

$$h - h_1 = \frac{2}{3} Kh \text{ и } K = \frac{Q - Q_1}{Q} \text{ составлены две номограммы.}$$

На номограмме А левая шкала, помеченная буквою Q , — измеренный расход; правая, помеченная $Q - Q_1$, — вычисленная разность измеренного и заданного расхода.

Приложим линейку к двум точкам левой и правой шкал, соответствующим Q и $Q - Q_1$, и на средней диагональной шкале прочтем величину K , которая представляет собою отношение $\frac{Q - Q_1}{Q}$; затем на

номограмме Б, —имеющей левую шкалу с пометкой h (средняя глубина измеренная) и правую шкалу с пометкой: $h - h_1 = \Delta h = \infty \Delta H$, — приложим линейку к точке шкалы h , соответствующей нашей измеренной средней глубине, и к точке диагональной шкалы, соответствующей полученному из первой номограммы величине K ; на правой шкале прочтем поправку на уровень ΔH , на которую нужно поднять или опустить уровень в канале для пропуска заданного расхода Q_1 . Ошибка в расходе, при хорошо измеренном один раз для данного решения Q , не превысит 2—5%.

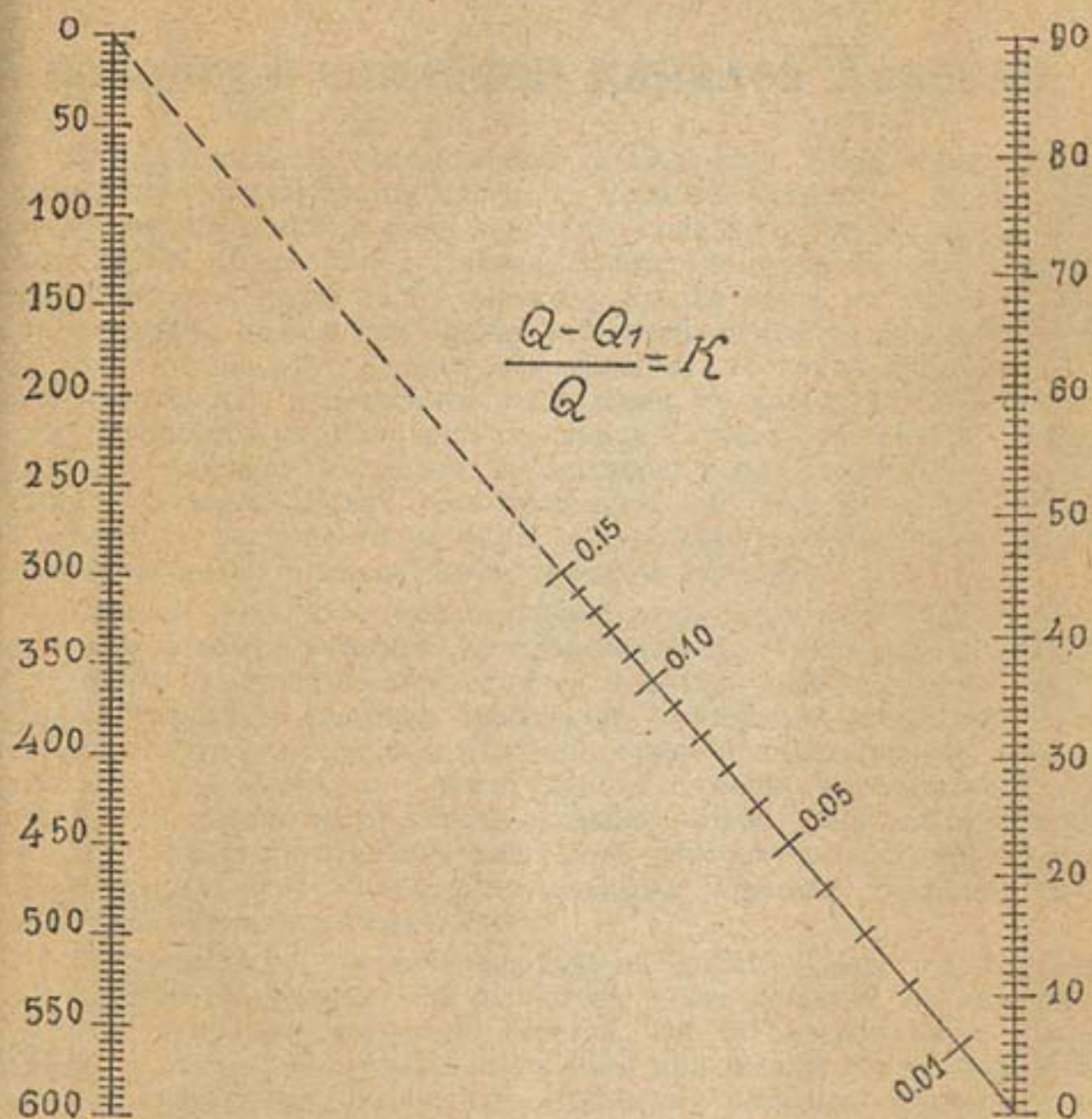
Номограмма А допускает для Q и $Q - Q_1$ увеличение в любое число раз.

Следует иметь в виду, что номограммы построены в предположении, что разность $Q - Q_1$ не превышает 15% от Q ; пользоваться ими при большем проценте расходимости нельзя.

A

Q

$Q - Q_1$

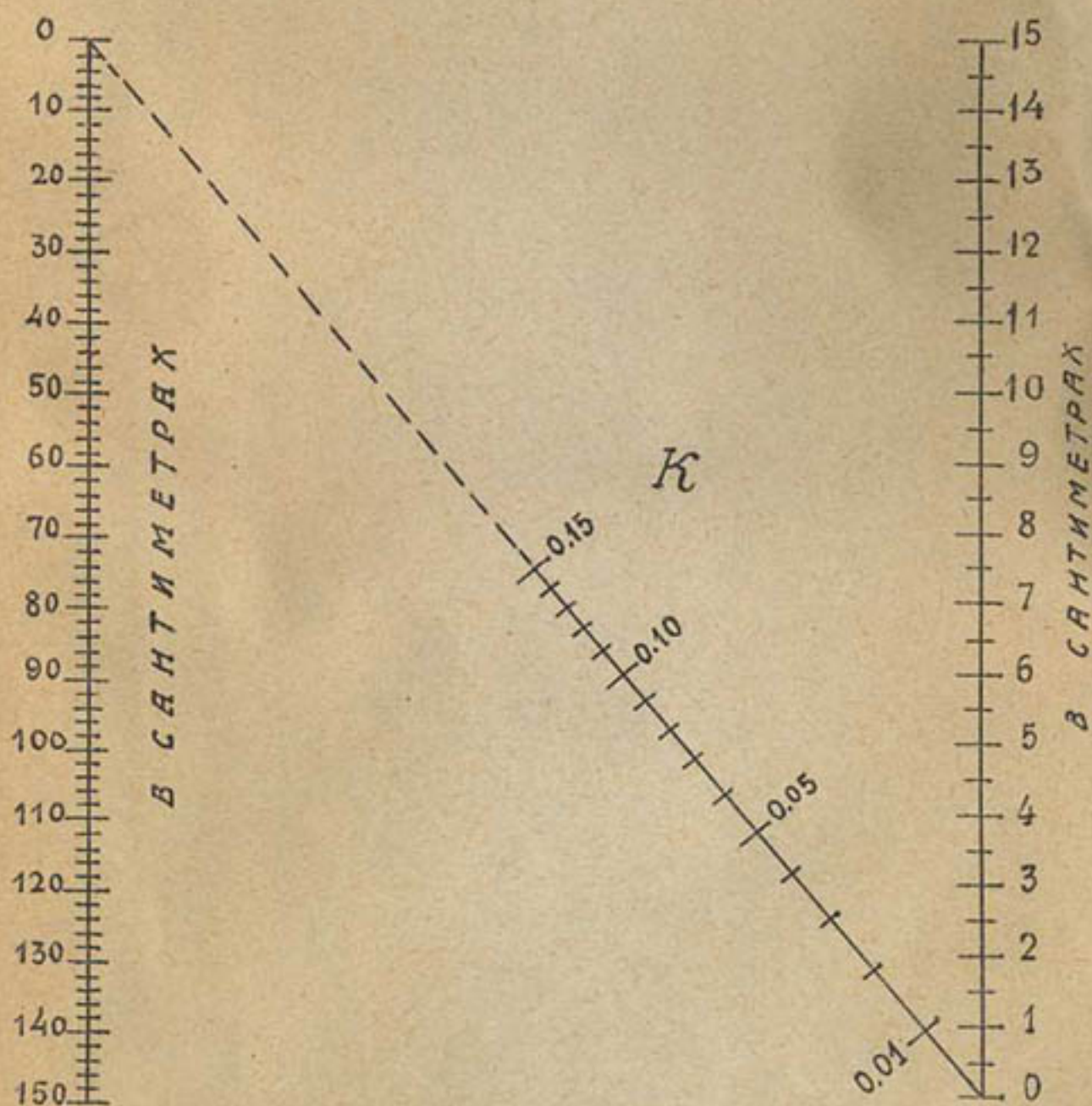


К СТАТЬЕ В. И. ВЛАДИЧАНСКОГО
И Л. К. КОРЕВИЦКОГО.

Б.

h

$h-h_1 = \Delta h \approx \delta H$



В. Суровцев.

К вопросу о заилении каналов Хорезма ¹⁾.

В числе заданий, поставленных в 1926 году Хорезмскому отряду Опытного-Исследовательского Института Водного Хозяйства, было, между прочим, исследование условий заиления головных частей каналов: Газават, Шават (Шах-Абат) и Палван. Вследствие позднего отпуска средств отряд прибыл к месту работ только в начале июля месяца и, так как в летнее время по каналам Шават и Палван движется очень много судов, что не только усложняет исследование, но порой совершенно лишает возможности производить наблюдения, то работы в первую очередь были поставлены на 2-х участках канала Газават, что отняло у отряда около 2-х месяцев; когда же в сентябре отряд прибыл к третьему участку на канале Шават, то в последнем, за окончанием вегетационного периода, воды почти не было, и несколько произведенных там измерений не имеют никакого практического интереса.

Так как никаких предварительных рекогносцировок и обследований по выбору рабочих участков не производилось, то последние намечены были после простого осмотра каналов и прощупывания дна их рейкой. Кроме соблюдения обычных требований инструкции по выбору участков для гидравлических исследований, отряд руководствовался еще следующими соображениями: один участок должен был быть установившимся, т. е. незаиляемым и неразмываемым; второй — заиляемым, и потому его следовало взять в районе ежегодной очистки канала; третий участок — с размываемым дном и разрушаемыми берегами. В соответствии с этими требованиями выбраны были:

Участок № 1-й (установившийся) на канале Газават, прямолинейный, длиной 360 метров. На 60 метров выше участка начинается закругление с правым вогнутым берегом. На 50 метров ниже участка находится отмель, выступающая из воды при низких горизонтах. Уклон дна — отрицательный. Дно канала наносное — песчаное, откосы песчано-лессовые. (См. схематический план рабочих участков на канале Газават).

Участок № 2 (заиляемый) на притоке канала Газават, Ходжа-Яргак, на 1 километр выше участка № 1, прямолинейный, длиной 240 метров. На 100 метров ниже участка начинается извилина, за которой Ходжа-Ярган впадает в Газават. Дно канала наносное песчаное, берега песчано-лессовые; участок на всем своем протяжении периодически чистится.

Третьему условию должен был удовлетворять участок на канале Шават, работы на котором не удались, как об этом уже упоминалось выше.

Результаты гидравлических исследований на канале Газават, имеющие отношение к вопросу о заилении каналов, собраны в следующей таблице:

¹⁾ В порядке предварительного сообщения.

Хорезм. Канал Газават.

1	2	3	4	5	5	7	8
№№ расходов по поринку	1926 год	Расход в кубических метрах	Средняя глубина участка в метр	Средняя скорость на участке в метрах	Относительная		
					Верхний ст		
					I фр. d>0,25	II фр. 0,25 d-0,05	III фр. d<0,05
1	11-VII	19,2	0,776	0,590	0,05	0,22	3,55
2	14	14,4	0,695	0,517	0,11	0,04	3,39
3	16	19,1	0,776	0,586	0,10	0,04	4,49
4	21	15,8	0,733	0,536	0,0	0,05	3,32
5	23	14,7	0,695	0,528	0,03	0,02	2,27
6	25	19,4	0,795	0,587	0,15	0,10	3,01
7	28	20,6	0,808	0,604	0,17	0,09	2,94
8	30-VII	22,3	0,842	0,611	0,06	0,01	3,07
9	I-VIII	28,7	0,937	0,673	0,26	0,03	3,38
Среднее		-	0,784	0,581	0,10	0,07	3,27
Среднее в ‰ от общей мутности . . .		-	-	-	2,9	2,0	93,4
По участку:		-	-	-	-	-	-
Разность между створами в ‰ . . .		-	-	-	-	-	-

У ч а с т к № 2.

1	10-VIII	7,9	0,81	0,645	0,02	0,07	3,52
2	12	9,0	0,88	0,661	0,00	0,11	3,57
3	19	7,9	0,81	0,643	0,02	0,03	3,54
4	25	7,2	0,76	0,628	0,02	0,09	3,68
5	27	6,5	0,72	0,602	0,02	0,06	3,66
6	29-VIII	5,6	0,67	0,563	0,00	0,02	3,03
Среднее		-	0,775	0,624	0,02	0,06	3,50
Среднее в ‰ от общей мутности . . .		-	-	-	0,5	1,6	96,7
По участку:		-	-	-	-	-	-
Разность между створами в ‰		-	-	-	-	-	-

Участок № 1.

Таблица 1.

9	10	11	12	13	14	15	16
мутность в граммах на литр						Изменение относит. мутн. между створ. в грам. на литр	Изменение относит. мутн. между створ. в ‰ от общ. мут. по участку
вор	Нижний створ				По участку общая		
Общая	I фр. c>0,25	II фр. 0,25— d—0,05	III фр. d>0,05	Общая			
3,82	0,23	0,30	3,28	3,81	3,82	+0,01	+0,3
3,54	0,10	0,04	3,45	3,59	3,56	—0,05	—1,4
4,63	0,04	0,05	4,49	4,58	4,60	+0,05	+1,1
3,41	0,01	0,02	3,61	3,64	3,52	—0,23	—6,5
2,32	0,02	0,02	2,26	2,30	2,31	+0,02	+0,9
3,26	0,06	0,05	3,27	3,38	3,32	—0,12	—3,6
3,20	0,03	0,03	3,31	3,37	3,28	—0,17	—5,2
3,14	0,00	0,05	3,30	3,35	3,25	—0,21	—6,5
3,67	0,02	0,26	3,65	3,93	3,80	—0,26	—6,8
3,44	0,06	0,09	3,40	3,55	3,50	—0,11	—
98,3	1,7	2,6	97,1	101,4	100,0	—3,1	—
—	+1,2	—0,6	—3,7	—3,1	—	—	—

3,61	0,02	0,07	3,50	3,59	3,60	+0,02	+0,6
3,68	0,00	0,15	3,30	3,45	3,56	+0,23	+6,5
3,59	0,08	0,04	3,61	3,73	3,66	-0,14	-3,8
3,79	0,00	0,06	3,83	3,89	3,84	-0,10	-2,6
3,74	0,11	0,10	4,00	4,21	3,98	-0,47	-11,8
3,05	0,01	0,01	3,14	3,16	3,10	-0,11	-3,5
3,58	0,04	0,07	3,56	3,67	3,62	-0,09	-
98,8	1,1	2,0	98,3	101,4	100,0	-2,5	-
-	-0,6	-0,4	-1,6	-2,6	-	-	-

Прежде чем приступить к анализу данных таблицы 1-й, остановимся несколько на работах инженера Кеннеди в отношении методики их постановки и окончательных выводов.

Кеннеди называет «критическими» скорости, обеспечивающие канал от заиления и не производящие в то же время размыва дна; по наблюдениям Кеннеди, поперечные сечения канала на тех его участках, где установились критические скорости, близки к прямоугольным; почти вертикальные боковые откосы образованы мелким илом, а на дне имеется песок.

На 23-х участках Бари-Доабской системы каналов, удовлетворяющих только что перечисленным условиям, Кеннеди провел длительные, не ограниченные, во всяком случае, пределами одного вегетационного периода, наблюдения, из которых и получил среднюю глубину и среднюю скорость течения для каждого из 23-х участков. Таким образом, каждая из 23-х точек кривой Кеннеди представляет собою не отдельное наблюдение, а среднее значение соответствующих гидравлических элементов на данном участке за очень продолжительный период времени. Это обстоятельство необходимо отметить потому, что «установившихся» в идеальном значении этого слова каналов не существует: отметка среднего дна канала непрерывно меняется, колеблясь около некоторого среднего своего значения, в соответствии с изменениями скорости, колеблющимися около своего среднего «критического» значения. Подобный прием решения задачи дал Кеннеди право в его системе 23-х уравнений вида

$$V_i = K_i H_i^m, \dots \dots \dots (1)$$

считать

$$m_1 = m_2 = \dots = m_k = \dots = m_{23} \dots \dots \dots (2)$$

так как все они соответствуют «критическому» при данной глубине значению скорости течения. Следующим шагом Кеннеди в решении системы (1) было предположение, что и

$$K_1 = K_2 = \dots = K_k = \dots = K_{23} \dots \dots \dots (3)$$

ничем не оправдываемое, последнее положение является, с математической точки зрения, самым слабым местом теории Кеннеди; и, действительно, последующими работами было установлено, что значения коэффициента K зависят и от количества, и от фракционного состава взвешенных наносов и, возможно, от целого ряда других факторов, как-то: формы профиля, грунтов, в которых проходит ложе канала и т. п.

Таким образом, если показателю уравнения Кеннеди

$$V = 0,84 H^{0,64} \dots \dots \dots (4)$$

можно до некоторой степени доверять, то этого совершенно нельзя сказать о его коэффициенте; последним обстоятельством и объясняется появление практических коэффициентов к формуле Кеннеди, значение которых колеблется от 0,66 (каналы Египта) до 1,30 — для каналов, несущих самые крупные песчаные наносы, что соответствует изменениям самого коэффициента в пределах от 0,55 до 1,09.

Впрочем, и показатель формулы Кеннеди не пользуется всеобщим признанием: инженер Чиков, например, в своей работе о заилении каналов, по соображениям чисто теоретического характера, считает необходимым понизить величину этого показателя до 0,5.

Все эти соображения и должны принять во внимание при обработке хорезмских наблюдений.

Девять наблюдений на участке № 1 канала Газават не дают нам права писать девять ур-ий, так как нельзя поручиться за то, чтобы хотя одно из них соответствовало условиям, осуществляющимся на «установившемся» участке канала. Мало того, кратковременность наблю-

дений, производившихся на первом участке всего только в течение трех недель, ставит под сомнение возможность написать и одно уравнение по средней за все время наблюдения глубине и скорости течения, так как нет ничего невозможного в том, что в течение всех трех недель канал работал на слишком больших, или, наоборот, на слишком малых расходах по сравнению со средним. Обзорение таблицы 1-й должно разрешить это сомнение.

Если исключить на время из рассмотрения расходы №№ 3, 5, то общая относительная мутность по участку (столбец 14), получаемая как частное от деления расхода муты на расход воды, сохраняет порядок своей величины за все время наблюдения, отклоняясь от среднего значения не более чем на 9% в ту и другую сторону, т.е. на величину относительной погрешности определения расхода муты; таким образом, общая относительная мутность по первому участку остается постоянной в пределах ошибки наблюдения, а это, по Кеннеди, является одним из признаков «установившегося» участка канала. Что же касается расходов 3 и 5, то для первого из них относительная мутность на 30% выше, а для второго — на столько же ниже ее среднего значения, почему нет особенной необходимости в полном исключении их из рассмотрения; и так как эти отклонения идут целиком за счет 3-й фракции (см. столбцы 8, 12), то причиной их является возмущающее действие со стороны источника питания канала — Аму-Дарьи, внезапно изменившей по тем или другим причинам мутность своих вод. Имея основание считать режим участка «установившимся» в течение всего периода наблюдений, за исключением двух случаев «возмущения», быстро, повидимому, ликвидированных, выведем средние значения относительных мутностей общих, по фракциям и по створам (третья снизу строка), выразим их в ‰ от средней общей относительной мутности по участку (вторая снизу строка) и подсчитаем изменение их между створами, как за все время наблюдения (нижняя строка), так и для отдельных расходов (столбцы 15 и 16). Изменения относительной мутности, не превосходя 7% средней ее величины и оставаясь, следовательно, в пределах ошибок наблюдения, обнаруживают тем не менее явную тенденцию к размыванию русла (преобладание знака (—) минус) и потому среднюю скорость течения по участку за все время наблюдений (а. 581 мтр/сек.) мы вправе приравнять критической скорости, с вероятным знаком ошибки в сторону размывающих скоростей.

Числа последней горизонтальной строки таблицы 1-й по первому участку указывают, между прочим, на то обстоятельство, что с участка вымываются наносы II и III фракций и отлагаются на нем наносы I-й фракции: слой наносного песка на дне участка мощностью до 1 метра является прекрасной иллюстрацией к этим выводам и лучшим доказательством их правильности. Уравнение

$$0,581 = K \times 0,784^m \quad (5)$$

неопределенно. Подставляя в него по Кеннеди

$$m = 0,64 \quad (6)$$

получим

$$K = 0,68 \quad (7)$$

$$\text{и, следовательно: } V = 0,68 H^{0,64} = 0,81 (0,84 H^{0,64}) \quad (8)$$

Если же принять вместе с Чиковым

$$m = 0,50; \quad (9)$$

то

$$K_1 = 0,66 \quad (10)$$

и

$$V = 0,66 H^{0,50} \quad (11)$$

Решение вопроса о том, которое из уравнений (8) или (11) лучше удовлетворяет условиям, имеющим место на каналах Хорезма, дает нам график № 1, на котором построены уравнения (8), (11) и наблюдаемые скорости на первом участке канала Газават: одного взгляда на график достаточно для решения спора в пользу формулы Кеннеди с коэффициентом 0,8.

Наблюдения на втором заиляемом участке канала Газават интересны как иллюстрация к высказанному выше положению о том, насколько ненадежны могут быть краткосрочные наблюдения при изучении условий заиления каналов. Как крайние правые столбцы, так и нижние горизонтальные строки таблицы 1-й по участку второму согласно говорят за то, что этот, несомненно, заиляемый участок в течение всех четырех недель наблюдений за ним систематически размывался даже в отношении наносов 1-й фракции; принимая во внимание, что грунты, слагающие дно и откосы, на обоих участках одинаковы; средняя глубина второго участка немного меньше, чем первого; а средняя скорость на втором заметно больше, чем на первом, — необходимо признать этот вывод вполне реальным; нанесение наблюдаемых на втором участке скоростей на график № 1 говорит за то же.

В заключение приведем еще таблицу проб грунтов со дна канала на обоих участках:

Хорезм. Газават. Участок № 1.

Таблица 2.

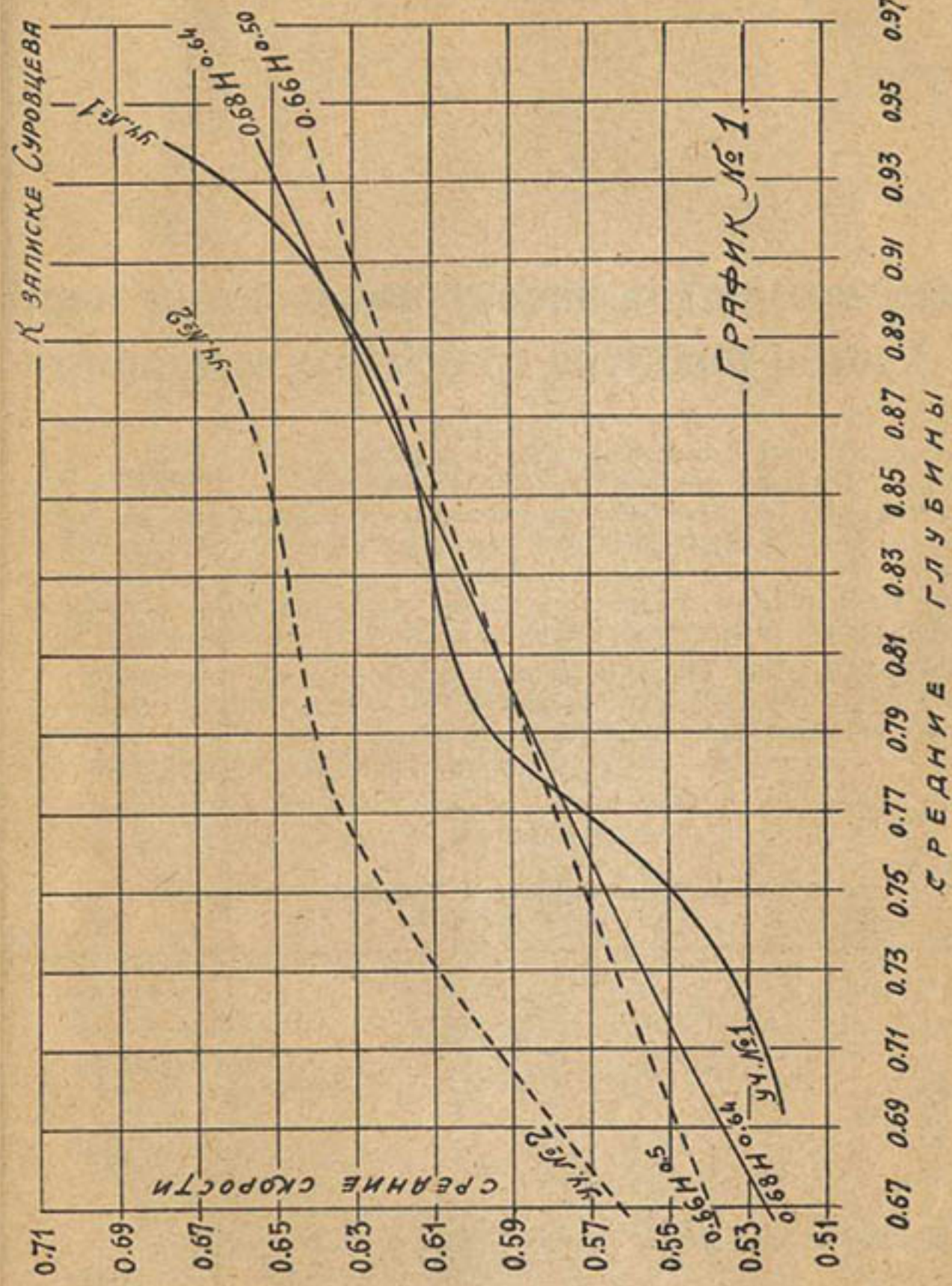
Пробы грунтов со дна канала в ‰ по весу							
Верхний створ				Нижний створ			
Места взятия проб	I фр.	II фр.	III фр.	Места взятия проб	I фр.	II фр.	III фр.
Урез лев. берег. .	1,1	27,5	71,4	Урез лев. берег. .	0,6	6,4	93,0
3 м. { от уреза	1,5	24,3	74,5	3 м. { от уреза	48,1	45,1	6,8
15 м. { лев. берега	43,1	55,5	1,4	25 м. { лев. берега	39,3	52,7	8,0
20 м. {	69,9	28,0	2,1	51 м. {	23,5	41,8	34,7
Урез прав. берег.	52,9	15,0	32,1	Урез прав. берег.	2,5	33,3	64,2
	33,7	30,0	36,3		22,8	35,9	41,3
		66,3				77,2	
		28,2	33,0				38,8
			71,8				
Участок № 2.							
Урез лев. берег. .	10,3	17,6	72,1	Урез лев. берег. .	2,8	22,4	74,8
Средина канала .	72,9	24,6	2,5		62,5	35,8	1,7
Урез прав. берег. .	3,2	16,1	80,7		0,7	8,8	90,5
	28,8	19,4	51,8		22,0	22,3	55,7
		71,2				78,0	
		25,4	20,8				53,8
			74,6				

Пробы брались без щупа, самым примитивным образом, время их взятия неизвестно. Тем не менее цифры эти представляют определенный интерес при сравнении их с данными, полученными Кеннеди для рек Индии.

Таблица 3.

Пробы грунтов на индийских, реках по Кеннеди в ‰ по объему	
I фракция	II и III фракции
р. Сетледж	
46	54
р. Ченаб	
61	39

Принимая во внимание, что плотность песчаных наносов I-й фракции значительно выше плотности ила (II и III фракц.) и что, следовательно, при переходе к весовому учету наносов индийских рек процентное содержание наносов I-й фракции в них еще более повысится, можно заключить, что количество опасных в смысле заиления наносов I-й фракции в каналах Хорезма в 2—3 раза менее, чем в р.р. Сетледж и Ченаб и что величина коэффициента K в формуле Кеннеди с увеличением количества крупных наносов возрастает по некоторому закону, установление которого для каналов Средней Азии является еще делом будущего.



Инж. п. с. О. В. Вяземский.

Сотр. Оп.-Иссл. Ин-та Водн. Хоз.



Опыт применения теории водо-цементного отношения к расчету составов бетона *).

1. Введение. Вопрос о расчете составов бетонных смесей за последнее время все больше занимает внимание строителей и инженеров в разных странах. В связи с быстро растущим темпом развития бетоностроения почти во всех странах мира и в частности в СССР, вопрос этот становится в порядок дня как со стороны технической рациональности, так и со стороны экономической выгоды применения бетона в той или иной строительной конструкции.

Между тем, приходится констатировать факт, что практикуемые у нас приемы весьма далеки от возможного совершенства; этому и не приходится удивляться. Общераспространенных методов расчета составов бетонных смесей и применения их в дело у нас не имеется.

Официальные нормы Госплана¹⁾ делят бетон в зависимости от временного сопротивления сжатию на пять марок.

Временное сопротивление и приблизительный состав бетона различных марок.

Таблица 1.

Марка	1	2	3	4	5
Приблизительный состав по объему	1:1½:3	1:2:4	1:2½:5	1:3:6	1:4:8
Времен. сопротив. сжатию кгс./см.².	200	180	140	100	80

Примечание: Для трамбованного бетона сопротивление 28-дневное; для литого—42-хдневное.

Дальнейшие указания, по существу, сводятся к применению приведенных в таблице пропорций составных частей бетона и к назначению минимального содержания портланд-цемента на 1 м³ бетона для различных марок.

*) См. статью того же автора в «Вестнике Ирригации» № 3 за 1927 г.

¹⁾ «Временные технические условия и нормы проектирования и возведения железобетонных сооружений», утв. СТО от 24 февр. 1926 г. (пр. № 219, п. 25).

Минимальное содержание портланд-цемента на 1 м³.
бетона различных марок.

Таблица 2.

Марка	1	2	3	4	5
Вес цемента в кг. на 1 м ³ бетона	350	280	230	200	150

Затем указывается, что количество воды, оказывая весьма серьезное влияние на качество бетона, должно быть строго учитываемо, но никаких конкретных разъяснений по этому вопросу не дается.

Указанием на то, что бетон по консистенции может быть трамбованным (жестким и пластичным) и литым, нормы Госплана и ограничиваются.

Из сказанного явствует, что для расчета пропорций составных частей бетона строителю не дается указаний, кроме минимального количества цемента на 1 кубометр бетона.

Между тем, один из основных элементов бетона — количество воды, остается прямым образом не освещенным. Принимая во внимание то громадное значение, которое придает теория водо-цементного отношения именно количеству воды в бетоне, создавшееся у нас положение безусловно подошло к тому моменту, когда необходимо приложить все старания к установлению более научно обоснованных методов расчета составов бетона.

Вкратце напомним основные положения теории водо-цементного отношения:

1) При заданных материалах, крепость бетона зависит только от водо-цементного отношения¹⁾ и не зависит от состава бетона в пределах, в которых бетон сохраняет пластичность.

2) При заданном водо-цементном отношении, состав бетона влияет только на пластичность и выход бетона и не влияет на крепость в тех же пределах.

Здесь особенно необходимо подчеркнуть, что при недостаточном количестве цементного раствора, или слишком пористом бетоне, или недостаточном количестве воды, закон водо-цементного отношения нарушается, поэтому в дальнейшем предположено, что все рассматриваемые составы удовлетворяют этому условию.

Базируясь пока только на данных американской практики, можно дать в этом направлении следующие общие указания. Характеризуя жирность состава числом m — отношением суммы объемов песка и гравия к объему цемента (все в сухом и уплотненном состоянии), а его пластичность — $\%$ содержанием воды по объему (p) к сумме объемов цемента, песка и гравия, при чем максимальная крупность частиц гравия, щебня не больше 75 м.м., будем иметь следующие предельные значения m , дальше которых закон водо-цементного отношения неприменим.

Предельное содержание инертных материалов и воды
для различных составов бетона.

Таблица 3.

p	10	15	20	25	30
m	12	10	8	6	4

¹⁾ Водо-цементным отношением называется отношение количества воды к количеству цемента в определенном объеме данного бетона (при затворении). В.-ц. отношение может быть объемное и весовое.

Таблица составлена в том предположении, что объем гравия в бетоне приблизительно вдвое больше объема песка, и принимая среднее значение пористости инертных материалов. Например, для смеси состава 1:2:4 — $m = 6$ и предельное содержание воды устанавливается в 25%. Смесь 1:4:8 ($m = 12$) является предельной в смысле содержания инертных материалов и т. д.

На практике приведенные границы редко достигаются и таковые являются весьма щедрыми.

В отношении минимального содержания воды необходимо заметить, что при уменьшении водо-цементного отношения, крепость сначала будет быстро подниматься, но достигнув при некотором значении водо-цементного отношения максимума, при дальнейшем уменьшении начнет резко падать, и при содержании воды нуль крепость тоже будет нулем.

Однако, точка максимума соответствует водо-цементному отношению приблизительно около 0,30, которое на практике никогда не достигается, благодаря существующим условиям пластичности бетона.

Льюисский Институт в Чикаго С.-А. С. Ш. дает две кривые, выражающие зависимость крепости от водо-цементного отношения (см. прилагаемую в конце фигуру I и таблицу VI). В лучших условиях работ, Институт предлагает брать верхнюю кривую (I), но в средних условиях (при не абсолютно чистых инертных материалах, не очень тщательном производстве работ и т. д.) рекомендуется пользоваться нижней кривой (II).

До выработки у нас соответствующих зависимостей для русских сортов цемента приходится пользоваться данными Льюисского Института тем более, что механической лабораторией Ленинградского Института Инженеров Путей Сообщения была проделана работа по проверке указанных кривых в случае применения русского цемента высокого качества, при чем совпадение результатов испытаний следует признать более чем удовлетворительным¹⁾. Но тем не менее, во всех отдельных ответственных случаях необходимо прибегать к испытанию пробных кубов для проверки кривых, как указано в «В. Ир.» 1927 г., № 3.

3. Расчет пропорций. Переходя непосредственно к задаче расчета пропорций бетонных смесей приходится указать на большую индивидуальность трактовки этого вопроса в русской строительной практике. В то время, как в Америке (и отчасти в Германии) уже имеется стройная и общепризнанная теория расчета бетона, у нас вопрос этот далеко не вышел еще из стадии совершенствования.

Обычно состав бетона берется просто эмпирически объемным соотношением составляющих материалов: цемента, песка и гравия или щебня, например: 1:2:4; 1:3:6 и т. д.

Количество воды прямым образом ничем не нормируется, кроме соображений о консистенции бетона.

Насколько такой метод с точки зрения теории водо-цементного отношения может оказаться ошибочным, явствует из вышеизложенного.

Приведем пример: нормальный состав бетона 2-й марки определяется пропорциями 1:2:4. Возьмем следующие два процентные содержания воды 1) 10,7%; 2) 15,7%. В производстве работ разница выразится в том, что смесь № 1 будет несколько более жесткая, а смесь № 2 несколько более пластичная.

Для первого случая водо-цементное отношение равно

$$\frac{1 + 2 + 4}{100} \times 10,7 = 0,75$$

¹⁾ Проф. Н. М. Беляев «Метод подбора состава бетона», издание Л. И. И. П. С. 1927 г.

и соответственно для второго

$$\frac{1 + 2 + 4}{100} \times 15,7 = 1,10.$$

По кривой II фиг. I, или табл. VI, первому случаю соответствует расчетная крепость 180 кгр./см.², а второму только 90 кгр./см.². Отсюда следует, что неучет количества воды может оказать самое пагубное влияние на крепость сооружения. Разрушения многочисленных бетонных сооружений могут быть объяснены именно этим обстоятельством.

Для предотвращения этого явления у нас обычно применяются смеси значительно более жирные (с большим содержанием цемента), чем это требуется по условиям крепости, т.-к. у более жирного состава, при одном и том же количестве воды, водо-цементное отношение выходит меньше. Но более жирный бетон в то же время является и более дорогим, таким образом наше незнание принципов учета воды покупается ценой удорожания строительной стоимости сооружений вследствие применения излишних количеств дорогого цемента.

Весьма простым «приспособлением» теории водо-цементного отношения к практикуемым у нас обычным методам расчета, оказывается, можно вышеописанную неопределенность в большой мере изжить. Для этого придется предварительно несколько остановиться на понятии пластичности бетона.

В отличие от американской практики, пластичность бетона у нас обычно принято характеризовать процентным содержанием воды к сумме объемов цемента, песка и гравия.

Основным недостатком такого определения является отсутствие выявления зависимости между % содержанием воды и водо-цементным отношением, а, следовательно, и крепостью бетона. Следствием этого может произойти такое явление, что рассчитанный по нормам состав бетона не будет удовлетворять заданным условиям крепости вследствие излишнего количества прибавленной воды. С другой стороны, могут быть случаи применения чрезмерно жирной (а, следовательно, и дорогой) смеси для таких условий, которым вполне могла бы удовлетворять смесь более тощего состава.

Процентное содержание воды для бетонов различных составов при различных водо-цементных отношениях.

Таблица IV.

Водо-цементное отношение по объему	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40
Состав бетона по объему									
1 : 1 : 2	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0	27,5	30,0	—	—
1 : 1½ : 3	10,9	12,7	14,6	16,4	18,2	20,0	21,8	23,7	25,5
1 : 2 : 4	8,6	10,0	11,4	12,9	14,3	15,7	17,1	18,6	20,0
1 : 2½ : 5	7,1	8,2	9,4	10,6	11,8	12,9	14,1	15,3	16,5
1 : 3 : 6	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0
1 : 4 : 8	—	—	6,2	6,9	7,7	8,5	9,2	10,0	10,8

В таблице IV процентное содержание воды дано в зависимости от состава бетона и водо-цементного отношения (по объему).

Из этой таблицы, между прочим, явствует, что один и тот же состав, в зависимости от % содержания воды, может обладать различной пла-

стичностью и крепостью. С другой стороны, — что каждому значению водоцементного отношения (каждому значению крепости) отвечают несколько составов бетона при различном % содержании воды (различной пластичности).

Ступенчатыми линиями ограничены области таблицы с содержанием воды $\leq 10\%$; $10-15\%$ и $> 15\%$, при чем первым двум областям соответствует бетон жесткий и пластичный, а третьей — литой.

Более общий вид той же таблицы дан в приложении (табл. VII). Здесь обозначение состава смеси заменено отношением суммы объемов песка и гравия (или щебня) к объему цемента (в сухом состоянии), или, что то же самое, суммой объемов песка и гравия при объеме цемента, равном 1-це. Ступенчатыми линиями ограничены области с содержанием воды $\leq 10\%$; $10-20\%$ и $> 20\%$. Эта таблица может служить для расчета бетонов разнообразных составов.

Пользование таблицами лучше всего может быть объяснено на примерах. Пусть требуется рассчитать состав бетона 3-й марки при содержании воды в 12% (что соответствует средней пластичности).

По графику черт. 1 смотрим водоцементное отношение, соответствующее крепости в 140 кг./см.^2 ; таковым является значение, близкое к 0,90. Из таблицы IV находим, что водоцементному отношению 0,90 и содержанию воды $12,9\%$ — соответствует состав 1 : 2 : 4, каковой и принимаем за искомый.

На таблице VII то же решение может быть получено следующим образом. Определив необходимое водоцементное отношение, каковым в данном случае является 0,90, находим из таблицы, что водоцементному отношению 0,90 и содержанию воды 12% соответствует $m=6,53$ (интерполируя между значениями влажности 12,9 и 11,2). Такому значению могут удовлетворять разнообразные смеси. Руководствуясь тем соображением, что объем гравия (при средней пористости) лучше брать приблизительно в $2-2\frac{1}{2}$ раза больше объема песка, выбираем соотношение 1,00 : 2,00 : 4,53, которое и принимаем за искомое.

Для избежания необходимости интерполирования, таблицу удобно превратить в график. Такой график дан в приложении (фиг. 2).

Тот же пример решается на графике следующим образом: 1) ищем пересечение ординаты, соответствующей водоцементному отношению 0,90 с лучом, соответствующим содержанию воды в 12% ; 2) сносим точку пересечения на ось ординат, читаем на ней значение m около 6,5. В остальном поступаем совершенно аналогично второму примеру.

Кроме этой наиболее часто встречающейся задачи, на таблицах и графике можно решать и другие, т. е. по двум заданным величинам определять третью. Например, по заданным водоцементному отношению и составу бетона можно определить % содержание воды; по заданным % содержанию воды и составу бетона определяется водоцементное отношение и т. д.

Вообще при посредстве графика или таблицы всегда можно подобрать комбинацию элементов таким образом, чтобы они удовлетворяли определенным заданным условиям (крепости, пластичности и т. д.), конечно, в известных пределах.

4. Способ пустот. Весьма распространенным у нас способом расчета смеси также является «способ пустот» или способ Сафира. При помощи этого способа определяется так называемый «нормальный» состав смеси.

Для расчета нормального состава сделаем следующие предположения:

1) Все промежутки песка заполнены цементным тестом (с некоторым избытком на обволакивание).

2) Все промежутки гравия или щебня заполнены цементно-песчаным раствором (с некоторым избытком).

Введем следующие обозначения:

s —выход цементного теста на единицу объема сухого цемента;
 V_s —удельный объем пустот песка; α —коэффициент обволакивания цементного раствора; V_g —удельный объем пустот гравия (или щебня); β коэффициент обволакивания песчано-цементного раствора.

Выражая состав сухой смеси по объему через

$$x:y:z,$$

имеем

$$y = \frac{sx}{V_s(1+\alpha)} \quad (1)$$

выход песчано-цементного раствора:

$$W_g = sx + y(1 - V_s); \quad (2)$$

$$Z = \frac{sx + y(1 - V_s)}{V_g(1 + \beta)}; \quad (3)$$

выход бетона

$$W_b = sZ + y(1 - V_s) + Z(1 - V_g). \quad (4)$$

предполагая количество воды достаточным только для образования теста, не влияя на выход последнего.

В случае применения в качестве отошающего вещества естественной (или искусственной) смеси из крупных и мелких частиц, расчетные формулы выводятся на аналогичных основаниях.

Обозначая через V_m —объем пустот смеси и выражая состав сухой бетонной смеси по объему через $x:y$, получим

$$y = \frac{sx}{V_m(1+\alpha)} \quad (5)$$

$$\text{Выход бетона } W_b = sx + y(1 - V_m) \quad (6)$$

Например, пусть

$$s = 0,75; V_s = 0,30; \alpha = 0,25; V_g = 0,35; \beta = 0,20.$$

Далее, принимая $x = 1 \text{ м}^3$,

$$y = \frac{0,75}{0,30 \times 1,25} = 2,00 \text{ м}^3.$$

$$z = \frac{0,75 + 2,0 \times 0,70}{0,35 \times 1,20} = 5,11 \text{ м}^3.$$

Состав смеси 1:2,00:5,11.

Выход бетона

$$W_b = 0,75 + 2,00 \times 0,70 + 5,11 \times 0,65 = 5,48 \text{ м}^3.$$

Коэффициенты α и β определяют степень жирности или тощности песчано-цементного раствора и степень плотности или пористости бетона.

Размеры их определяются эмпирически. В отношении выбора размеров α и β можно ограничиться следующими общими указаниями. На практике значения α и β берутся от 0,10 до 0,25, в среднем 0,17, причем для массивных сооружений берутся более низкие значения, а для более тонких, сложных и ответственных (гл. обр. железобетонных) частей α и β приближаются к высшему пределу. При большой крупности и неправильной форме щебенки β следует брать несколько ближе к высшему пределу. Вообще же обыкновенно для α и β берутся близкие значения.

Расчет по способу пустот всегда дает несколько более пористые составы бетона, нежели обычные пропорции.

Для перехода от состава сухой смеси к количеству воды и консистенции бетона, можно воспользоваться либо вычислением, либо таблицей VII или графиком (фиг. 2).

Например, для прошлого примера мы имели состав бетона 1:2,00:5,11; требуется определить % содержание воды при заданной крепости 140 кг./см.². Водо-цементное отношение, отвечающее этой крепости, близко к 0,90. Отсюда содержание воды

$$\frac{0,90}{1 + 2,00 + 5,11} \times 100 = 11,1\%.$$

При желании изменить процентное содержание воды при постоянном водо-цементном отношении (а, следовательно, постоянной крепости) нам пришлось бы неминуемо изменить состав смеси. Например, при желании увеличить содержание воды до 15% нам пришлось бы не увеличивать количество воды (как это обыкновенно делается), а уменьшать либо количество песка, либо количество гравия, либо то и другое количество вместе. Пусть мы желаем изменить только количество гравия, тогда можно написать

$$\frac{0,90}{1 + 2,00 + u} \times 100 = 15,$$

откуда $u = 3,00$

и новый состав смеси

$$1 : 2,00 : 3,00.$$

Аналогично можно менять и содержание песка, имея в виду, что одной из величин (содержанием песка или гравия)—или их соотношением—необходимо задаться для вычисления второй (при одном и том же количестве цемента). Но проще такие задачи решаются при посредстве графика фиг. 2 или таблицы VII.

5. Переход к весовому соотношению. Для перехода к весовому соотношению для составных частей бетона от объемных, выведем некоторые зависимости. Если состав сухой смеси по объему попрежнему обозначить через $x:y:z$, а соответствующие веса единицы объема цемента, песка и гравия (или щебня) соответственно через d_c ; d_s ; d_z , то соотношение по весу будет

$$d_c x : d_s y : d_z z \dots \dots \dots (7)$$

Здесь необходимо иметь в виду, что объемный вес относится исключительно к сухим материалам в уплотненном состоянии. Вес литра цемента при этом выражается значением, близким 1,40 кг. (по нормам Госплана).

Например, пусть задана смесь состава 1:2:4, по объему требуется определить соотношение по весу, при чем дано

$$d_c = 1,40 \text{ кг./литр}; \quad d_s = 1,60 \text{ кг./литр.}$$

$$d_z = 1,70 \text{ кг./литр.}$$

Произведя вычисления, получим состав по весу: 1,40:3,20:6,80, или, приводя вес цемента к единице: 1:2,28:4,86.

Для перехода от водо-цементного отношения по объему к водо-цементному отношению по весу необходимо знать вес литра сухого цемента в уплотненном состоянии. Пусть попрежнему этот вес равен d_c .

Тогда водо-цементное отношение по весу выразится через $x' = \frac{x}{d_c} \dots \dots (8)$

Американские авторы дают для d_c значение 1,5 (нормы Госплана 1,4) и соответственно получается

$$x' = 0,67 x \text{ (американские нормы); } \dots \dots \dots (9)$$

$$x' = 0,72 x \text{ (русские нормы). } \dots \dots \dots (10)$$

Из осторожности лучше пользоваться первым соотношением.

6. Влияние влажности.

Остановимся еще на одном чрезвычайно существенном моменте расчета бетонной смеси, именно на влажности песка и гравия.

Влажность оказывает влияние в двух направлениях: а) влажность песка, суммируясь с водой для затворения, повышает водо-цементное отношение и уменьшает крепость; б) влажный песок при рыхлой насыпке обладает значительно большим объемом, нежели песок сухой, и при обмеривании объемным способом во влажном состоянии ведет к грубым ошибкам состава.

Для пояснения первого положения возьмем случай песка с содержанием влажности в 3%, и гравия 1% по весу (или соответственно около 5% и 1,6% по объему).

Допустим далее, что состав смеси, определенный по расчету, соответствует 1 : 2½ : 5; таким образом, объем воды в песке и гравий, отнесенный к цементу, будет уже $5 \times 2\frac{1}{2} + 1,6 \times 5 = 20,5\%$.

Пусть расчетное водо-цементное отношение 0,90, соответствующее крепости около 140 кг/см.² (3-я марка бетона).

От прибавления объема воды, соответствующего 0,20 объема цемента, водо-цементное отношение повысится до $0,90 + 0,20 = 1,10$, а крепость упадет до 90 кг/см.², т.е. едва выдерживает требования, предъявляемые даже к 5-й марке.

С другой стороны, совершенно сухой песок и гравий или щебень обладают известной поглощательной способностью. Неучет этой способности может привести к тому, что количество воды для затворения частично будет поглощено зернами, что понизит водо-цементное отношение и сделает бетон менее пластичным. Так как уменьшение водо-цементного отношения ведет к увеличению крепости бетона, последний случай не представляется столь опасным, как первый, тем более, что изменение консистенции немедленно отразится на производстве работ. Излишек же воды уловить гораздо труднее, а последствия его гораздо более серьезны.

Пусть имеются заданные условия состава смеси: 1 : 2½ : 5, влажность песка 3%, гравия 1%.

Поглощательная способность песка 1%, гравия ½%.

Вес литра песка и гравия около 1,6 кг.

Количество свободной влаги, отнесенное к объему цемента, равно

$$1,6 (3 - 1) \times 2\frac{1}{2} + 1,6 (1 - \frac{1}{2}) \times 5 = 12\%.$$

Следовательно, если необходимое количество воды на один объем цемента было 0,90, то фактически необходимо добавить

$$0,90 - 0,12 = 0,78.$$

Ниже приводится табличка значений пределов влажности песка и гравия в обыкновенных полевых условиях, а также поглощательной способности сухих материалов.

Содержание влаги в % по весу:

Песок	2—4%
Гравий (щебень)	1—2%

Поглощательная способность в % по весу:

Известковый песок (щебень)	1—7%
Гранитный щебень	½%

Конечно, эти данные могут рассматриваться только как ориентировочные и в каждом ответственном случае должны быть определены непосредственным измерением.

Для объяснения роли второго фактора (набухания песка) приведем следующие данные, взятые из достоверного американского источника (впрочем, вполне подтвержденные опытами механической лаборатории

Ленинградского Института Инженеров Путей Сообщения и другими авторами).

Изменения объема песка под влиянием влажности.

Таблица V.

Содержание влажности в % по весу	0	0	1	2 $\frac{1}{2}$	5	7 $\frac{1}{2}$	10	15	20
Состояние	уплот.	рыхл.	рыхл.	рыхл.	рыхл.	рыхл.	рыхл.	рыхл.	затоп- лен.
Объем	1.000	1.0582	1.152	1.345	1.443	1.410	1.386	1.246	1.023

Из этой таблички явствует, что при 5 % влажности увеличение объема песка может достигать 44,3%, а при нормальной влажности в 2 $\frac{1}{2}$ % увеличение объема выражается 34,5%.

Возьмем ту же смесь:

$$1 : 2\frac{1}{2} : 5$$

и посмотрим, каким образом изменится ее состав при отмеривании песка объемным способом без уплотнения во влажном состоянии. Допустим, что содержание влаги равно 2 $\frac{1}{2}$; в таком случае единица объема влажного песка в сухом уплотненном состоянии будет занимать объем в 1.345 раз меньше, а, следовательно, действительный состав смеси будет:

$$1 : \frac{2\frac{1}{2}}{1.345} : 5 \text{ или } 1 : 1.86 : 5.$$

Учесть это свойство песка в полевой обстановке совершенно необходимо. Проще всего это осуществляется эмпирическим определением соотношения объемов одного и того же количества песка во влажном, рыхлом и сухом, уплотненном состояниях, а затем делая пересчет на влажный песок.

Беря тот же пример, требуется определить «полевой» состав смеси при заданных условиях. Очевидно, влажного песку нужно будет взять такое количество, чтобы после уплотнения получить требуемый объем. Это будет соответствовать составу:

$$1 : 2\frac{1}{2} \times 1.345 \times 5 \text{ или } 1 : 3.36 : 5.$$

Набуханием гравия (частицы > 5 mm.) принято в американской практике пренебрегать, как величиной сравнительно незначительной.

Зависимость крепости бетона от водо-цементного отношения.

Таблица VI.

Водо-цементное отношение (по объему)		0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40
Временное сопротивл. сжатия в 28-днев- ном возрасте кгр./см. ²	I Верхний предел	311	256	211	174	143	118	97	80	66
	II Нижний предел	267	215	172	138	111	89	71	57	46

По данным Чикагской лаборатории в С.-А.С.Ш.

Расчет содержания воды и состава бетона.

Таблица VII.

Водо-цементное отношение (по объему) Отношение суммы объемов песка и гравия к объему цемента	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40
3	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0	27,5	30,0	—	—
4	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0	22,0	24,0	26,0	28,0
5	10,0	11,7	13,3	15,0	16,7	18,3	20,0	21,7	23,3
6	8,6	10,0	11,4	12,9	14,3	15,7	17,1	18,6	20,0
7	7,5	8,7	10,0	11,2	12,5	13,7	15,0	16,2	17,5
8	6,7	7,8	8,9	10,0	11,1	12,2	13,3	14,4	15,5
9	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0
10	—	6,4	7,3	8,2	9,1	10,0	10,9	11,8	12,7
11	—	—	6,7	7,5	8,3	9,2	10,0	10,8	11,6
12	—	—	6,2	6,9	7,7	8,5	9,2	10,0	10,8

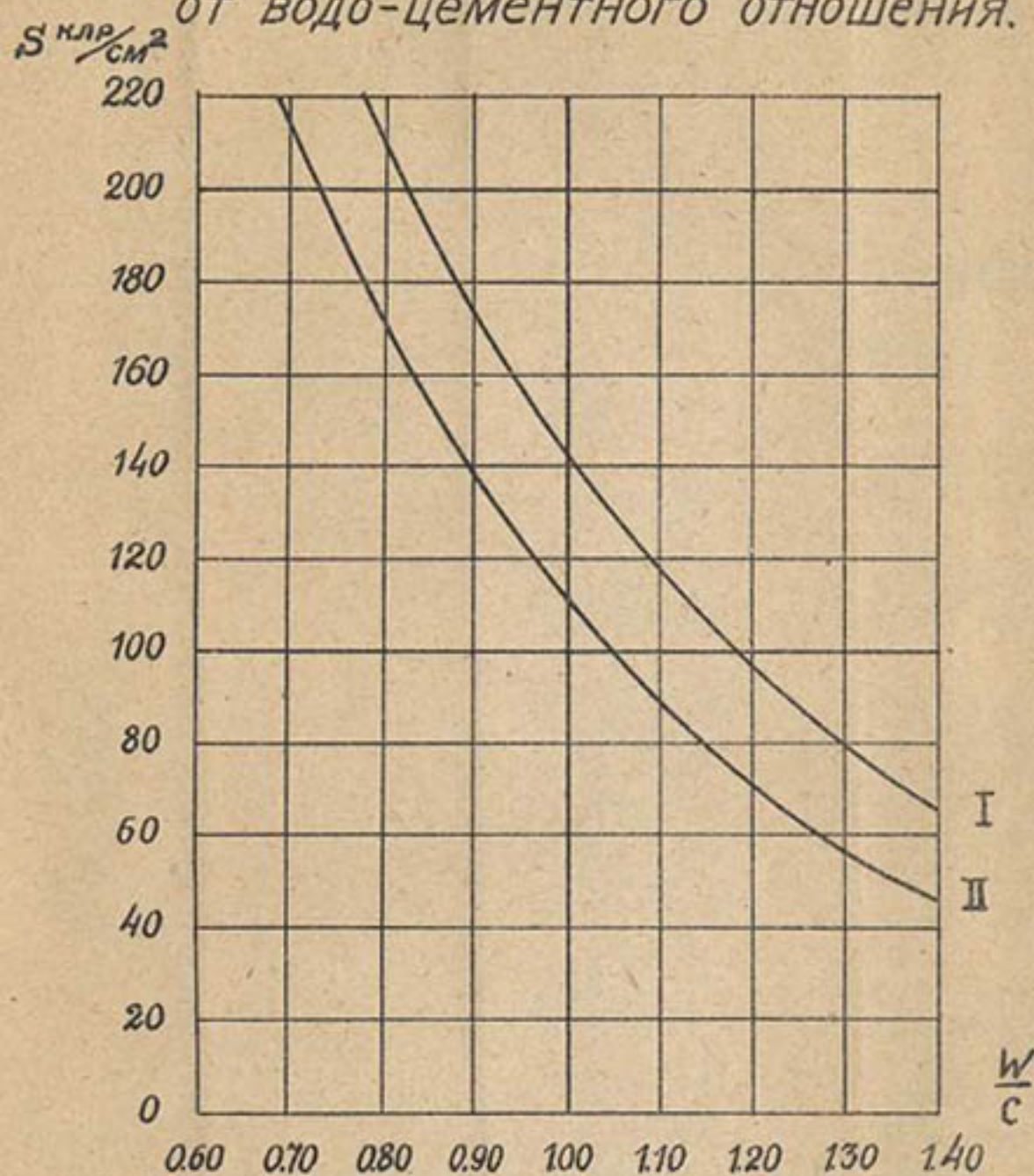
Цифры обозначают процентное содержание воды по объему.

7. Заключение.

В заключение необходимо отметить, что настоящая статья является первой попыткой систематизации имеющихся в русской литературе и практике материалов по расчету составов бетона и увязки их с данными заграничной теории и практики. Такая увязка, как явствует из предыдущего изложения, осуществляется весьма просто и вносит элемент четкости и ясности во многие факты строительной практики, которые раньше не связывались друг с другом и рассматривались, как самостоятельные явления.

Конечно, изложенным возможная работа в этой области отнюдь не исчерпывается. Наоборот, на страницах русской технической литературы все чаще и чаще появляются попытки приложения теорий составления бетонных смесей, практикуемых ныне в Америке, к нашим русским условиям, но мы выражаем надежду в том, что настоящий опыт принесет практическую пользу всем лицам, близко стоящим к делу бетоностроения в нашей стране.

Кривые зависимости крепости бетона от водо-цементного отношения.



Кривая I $S = \frac{1000}{7^x}$

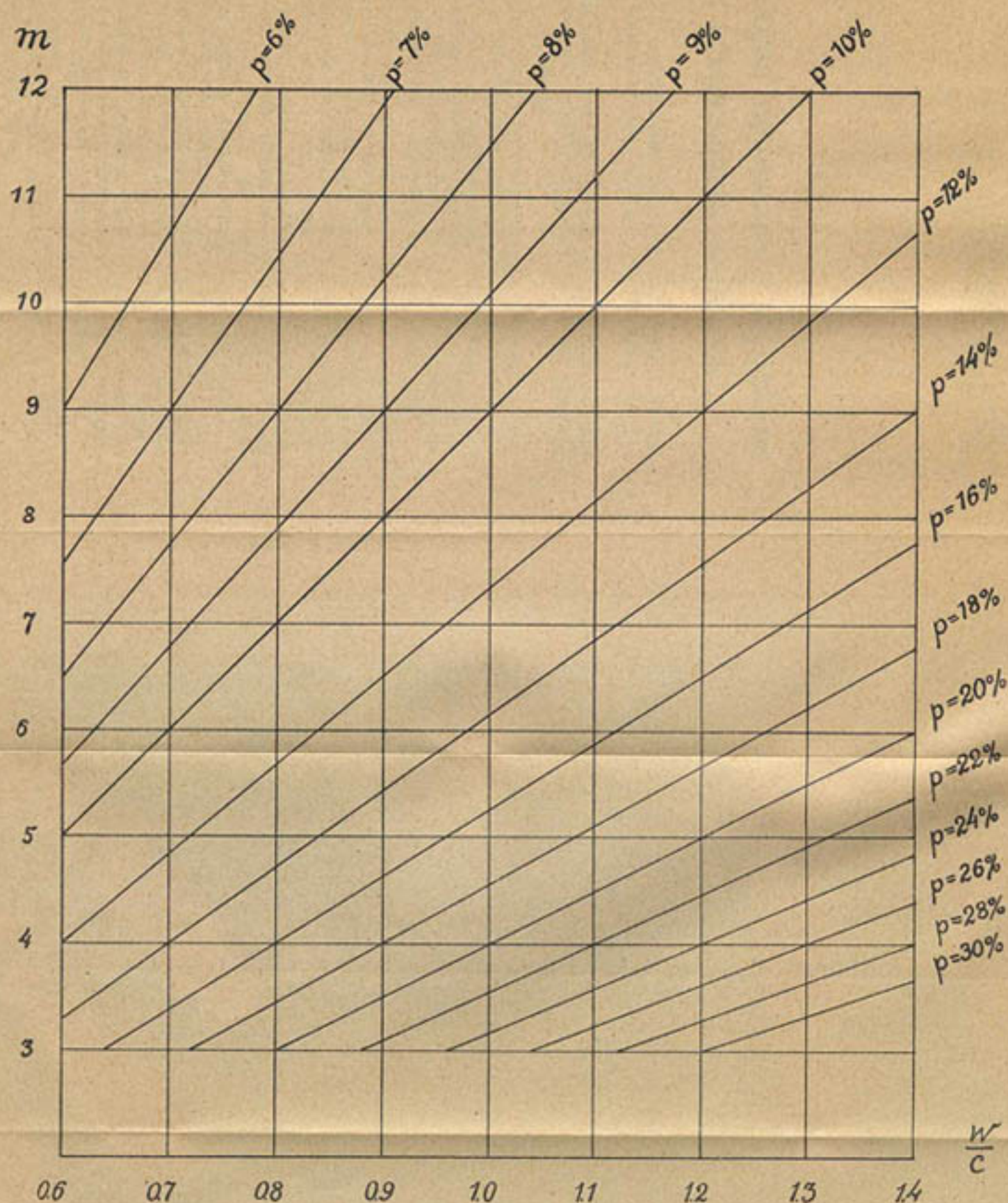
Кривая II $S = \frac{1000}{9^x}$

$x = \frac{W}{C}$ (по объему)

S — временное сопротивление
сжатию
в 28-ми дневном
возрасте.

График

для расчета содержания воды и состава бетона.



p — процентное содержание воды (по объему).

$\frac{W}{C}$ — водо-цементное отношение (по объему).

m — отношение суммы объемов песка и гравия
(или щебня) к объему цемента.

*Инж. Д. Я. Соколов.**Сотр. Оп.-Ис. Инст. Вод. Хоз.*

К рационализации промывных устройств головных сооружений каналов.

Основные требования, которые пред'являются условиями эксплуатации гидросиловых и ирригационных каналов, заключаются в следующем:

1. Подавать воду на хозяйственные, промышленные и иные потребности в достаточном количестве в любое время независимо от состояния главного источника питания канала.

2. В силовых каналах допускается под'ем гориз. воды до наивысшего уровня в источнике и даже является необходимостью для поддержания напора на гидроустановке, в ирригационных же каналах под'ем является вредным, вызывающим излишние расходы на устройство оградительных дамб или на углубление дна канала. Поэтому ирригационные каналы должны пропускать и вполне ограниченное количество воды.

3. Ирригационные каналы должны работать в предельных условиях устойчивости в период наибольшей их нагрузки, т. к. расход, а, следовательно, и скорости течения в них возрастают вместе с горизонтом воды. В силовых каналах приходится встречаться с обратным явлением, именно: при повышении гориз. воды в нем расход может и не увеличиваться, т. е. скорости могут падать. Следовательно, условия работы ирригационных каналов в отношении выноса наносов, попадающих в них вместе с водой, значительно лучше, чем силовых. Однако, постоянные колебания расхода воды в каналах различного назначения, а также значительная насыщенность наносами потока в высокую воду, которая, несмотря на падение скорости перед плотиной из-за подпора, падает незначительно, не дают возможности рассчитать канал так, чтобы в нем не происходило отложения наносов. Поэтому выставляется обычно требование — питания каналов из верхних слоев источника воды, как наиболее осветленных и содержащих наименьших размеров частицы, легко проносимые и в самом канале во взвешенном состоянии.

4. Вода в каналах, кроме того, должна быть свободна от разного рода плавающих тел и льда, наносящих повреждения сооружениям, засоряющих решетки гидроустановок и пр.

5. Каналы должны иметь возможность опоражниваться для ремонта и очистки от наносов.

Для выполнения указанных требований в начале каждого канала устраиваются головные сооружения, на которые и пытаются возложить необходимые функции, обуславливаемые характером работы канала.

Таким образом, на головные сооружения (называемые иногда регуляторами) возлагаются обычно следующие задачи:

1. Подавать воду в нужном количестве.
2. Прекращать подачу воды в канал.
3. Ограждать каналы от проникания в них плавающих тел.
4. Предохранять каналы от проникания в них наносов (главным образом крупнее 0,1 м.м.). При этом выполнение всех указанных задач должно происходить при возможно меньшей стоимости сооружения и наименьшей потере напора при пропуске нормального расчетного расхода воды.

Выполнение 3-х первых условий не встречает серьезных затруднений, выполнение 4-го не может считаться разрешенным удовлетворительно.

В настоящей статье мы и имеем в виду рассмотрение предохранительных мер против проникания наносов в каналы.

Вообще следует различать два случая питания:

1. Когда для подачи воды в канал в естественном потоке не устраивается никаких водоподъемных сооружений.
2. Когда основной питающий источник перегораживается и подпирается для подачи воды в канал.

В регуляторах, забирающих воду из потока в его естественном состоянии (без напорного сооружения), меры ограждения от наносов сводятся пока к следующему:

1. Выбор места расположения в русле.
2. Установление соответствующего угла наклона оси регулятора к потоку.
3. Повышение дна регулятора над дном русла.
4. Устройство порогов, особенно регулируемых.
5. Уменьшение скорости течения воды в сооружении.
6. Устройство песколовки в регуляторе или за ним в канале.
7. В некоторых частных случаях, когда река делает большую излучину и перешеек мал, можно рекомендовать устройство донных промывных каналов, постоянно действующих.
8. Устройство сифонов для забора воды из более осветленных слоев.
9. Наконец, следует указать на одну из мер предупреждения проникания наносов в канал чисто эксплуатационного характера—это полное закрытие регулятора в период нарастания паводка и, по возможности, в самый паводок, когда потоком несется наибольшее количество наносов, если это допустимо по условиям водозабора.

В тех случаях, когда в русле имеется подпорное сооружение, меры борьбы с наносами, помимо указанных ранее для безнапорного потока, сводятся к:

- 1) устройству оградительных стенок перед регуляторами, отделяющими вход в сооружение от основного потока (образование карманов);
- 2) устройству промывных шлюзов в плотине для выноса наносов из кармана;
- 3) устройству промывных донных каналов (указанных и в 1 случае);
- 4) возможно большему приближению регулятора к плотине (и, следовательно, к промывным шлюзам);
- 5) закрытию регулятора на время промывки кармана, как чисто эксплуатационной мере.

Вопрос о водозаборных сооружениях 1-го типа (без подпорных сооружений) и некоторых, наиболее заслуживающих внимания, мерах борьбы с заведением наносов в канал до некоторой степени освещен нами ранее¹⁾; здесь мы коснемся лишь устройств регуляторов при наличии подпорных сооружений.

Рассмотрим ниже в отдельности значение следующих основных мер защиты каналов от наносов при наличии перегораживающего сооружения в потоке: 1) пороги, 2) продольные оградительные стенки, 3) песколовки, 4) промывные шлюзы, 5) промывные донные каналы.

Все указанные меры выбраны нами для рассмотрения потому, что они оказывают значительное влияние на стоимость сооружения. Следовательно, важно разобраться в ценности каждого из них для рассматриваемой цели.

Пороги.

Устройство постоянных порогов, возвышающихся над дном регулятора, вообще не целесообразно, т. к. они вызывают ненужное увеличение высоты сооружения без повышения пропускной способности его. Поэтому мы будем иметь в виду пороги, регулируемые и даже совершенно убираемые в межень, когда нет большой опасности от наносов и когда при низком горизонте воды необходимо бывает пропустить нормальный расход воды. Пороги являются вообще мерой, далеко не разрешающей вопроса в целом.

Они обычно заносятся, перестают оправдывать свое назначение, если нет особых приспособлений для их очистки. Для рек, несущих большое количество наносов, высота порога должна быть значительной, чтобы иметь сравнительно редкую промывку наносов. В противном случае могут встретиться затруднения в отношении возможности промывки в периоды поливов. Однако, и высота не всегда является достаточным средством для полного разрешения вопроса о наносах; напр., при поднятии порога регулятора Сиргиндского канала на 9,9 фута (Пенджаб) оказалось полезным, но недостаточным. Песок водоворотами взмывался и проносился через порог в канал. Пороги оказывают в общем большую услугу для задержания крупных наносов (галыки, крупн. песка). Так, при поднятии порога регулятора канала Sone на 4,5 ф. в канал больше не попадала совершенно галыка.

Держать пороги свободными можно, сохраняя естественный сток через плотину. Однако, это возможно при сравнительно длительных паводках и небольшом количестве наносов, что обычно имеет место для равнинных рек.

Для рек средней высоты гор с большим количеством наносов — держать пороги свободными таким путем не удастся²⁾.

Реки высоких гор — с ледниковым питанием, имеют длительные паводки, но и наносов влекут много и также не дают возможности естественному выносу наносов через плотину, значительная часть их все же откладывается перед плотиной и требует искусственного удаления.

Кроме того, не всегда представляется возможность естественного выноса наносов через открытую плотину, как, напр., при гидросиловых установках, когда необходимо поддерживать некоторый напор для возможности работы их.

¹⁾ См. ст. Д. Я. Соколова: «К выработке мер по борьбе с наносами» «Вестник Иригации» 1927 г. № 9.

В текущем году в лаборатории руслового потока ИВХ ставятся опыты с ответвлениями при безнапорном потоке, где и будут выявлены более детально многие факторы, сопутствующие изъятию воды.

²⁾ См. ст. проф. Turnau «Wasserkraft und Wasserwirtschaft», 1927 г., № 9, стр. 129.

Итак, пороги лишь частично содействуют предохранению каналов от наносов, являясь наиболее дешевым средством, иногда даже не требующим никаких дополнительных сумм на свое осуществление.

**Продольная огражда-
тельная стенка.** Значение ограждающей стенки для предохранения каналов от заиливания сводится к следующему:

1. Создание более спокойного перед сооружением района, где легче выпадают наносы.

2. В нормальных условиях работы регулятора в отделенном стенкой пространстве скорости уменьшаются с повышением гор. воды (в паводок), когда количество наносов в потоке возрастает. Таким образом улучшаются условия для выпадения наносов. Получается своего рода отстойный бассейн.

3. К течению за стенкой не примешивается посторонних течений и получается ясная картина протекания.

4. Промывка наносов из кармана, отделенного стенкой, становится более совершенной и поддающейся предварительным расчетам.

5. При изъятии из потока некоторого расхода воды всегда образуется поперечный уклон гор. воды в сторону головного сооружения, создающий донное течение в том же направлении.

Устройство же стенки ставит некоторый предел в этом отношении, предохраняя таким образом от привлечения наносов к сооружению—со стороны. Однако, здесь необходимо указать на то обстоятельство, что существует некоторый предел захвата донных струй регулятором, дальше которого струи проходят мимо. Если, следовательно, стенка стоит дальше указанного предела, то ее роль в этом отношении будет не заметна.

Учитывая это последнее значение стенки, не следует упускать из вида возможность устройства более низкой стенки, преграждающей лишь донный поток, и, во всяком случае, следует считать лишним выведение ее выше наивысшего подпорного гор. воды.

6. Соответствующим устройством стенки в плане можно достичь и некоторого повышения коэффиц. расхода сооружения по сравнению с прямой стенкой, именно (по опытам Энгельса с боковым водосливом) сужением ширины определяемого ею пространства в районе головного сооружения. Наилучшие условия для подвода воды, однако, будут при наличии свободного водного пространства перед регулятором. Значит, стенки все же ухудшают в общем подвод воды при наличии подпорного бьефа, требуя одновременно и некоторых дополнительных устройств для очистки определяемого ими пространства от наносов.

Кроме того, стенки являются довольно дорогим средством, особенно при больших подпорах, создаваемых плотинами.

Песколовки. Действие песколовков, устраиваемых на принципе понижения скоростей, обычно незначительное. Не все наносы успевают отложиться из-за сравнительно небольших, устраиваемых для этой цели, бассейнов (по чисто экономическим соображениям), и не все наносы промываются из-за несовершенства конструкций, применяемых до сего времени для этой цели.

Кроме того, песколовки в середине канала во время промывки сокращают расход в нижней части канала, что часто является недопустимым; в ирригационных каналах Ср. Азии это обстоятельство является весьма существенным, так как наиболее напряженная работа их совпадает с паводками и, следовательно, с наибольшим заиливанием каналов и когда, следовательно, промывка не допустима. Делать же канал выше песколовки на пропуск расхода больше нормального (на расход в песколовке) не всегда целесообразно. В случае однообразного уклона наносы будут отлагаться в этой части канала, не доходя до песколовки

Поэтому стремятся задерживать наносы до поступления их в головное сооружение. Для удаления же задержанных перед сооружением наносов устраиваются промывные шлюзы в теле плотины.

Промывные шлюзы. Основным недостатком промывных отверстий является ограниченное действие по длине и ширине потока. Таким образом, при довольно широких головных сооружениях не все наносы, отложившиеся перед порогом, уносятся, часть порога остается в зоне отложения, что облегчает вступление наносов в канал.

Обычно регулятор с этой целью приближают вплотную к плотине, но и это не всегда оказывается достаточным средством. Лишь при наличии продольной стенки, отделяющей известное пространство от остальной части потока, можно достичь удовлетворительного действия промывных шлюзов.

Приближение головного регулятора к плотине, улучшая условия работы промывных отверстий, ухудшает условия работы самого сооружения во время промывки созданием сильного течения, понижающего, несомненно, коэфф. расхода его, что существенно при минимальных расчетных горизонтах и особенно, если на время промывки не имеется возможности выключить канал.

При этом взмытые сильным течением наносы при открытом регуляторе будут частично проноситься в канал, что и было констатировано при опытах на канале Sone (Пенджаб), который заилялся значительно сильнее в подобном случае.

В связи с этим обычно и выставляется требование закрывать регулятор во время промывки, особенно для рек, богатых наносами, что не всегда бывает возможно по эксплуатационным условиям, так как длительность промывки достигает 2—3 дней.

Примечание. Действие и значение промывных каналов под дном регулятора было освещено нами ранее в упомянутой статье, потому здесь их касаться не будем.

Таким образом, система—продольная стенка, порог и промывные шлюзы, ныне часто употребляемая при проектировании головных регуляторов,—является совокупностью взаимно дополняющих мер, в целом дающая довольно удовлетворительные результаты; однако, эта система имеет ряд недостатков, указанных при рассмотрении отдельных элементов и, кроме того, осуществление ее обходится довольно дорого.

Применение всей указанной совокупности мер возможно лишь при наличии соответствующих условий, а потому вся система не является универсальной.

В связи с изложенными соображениями естественно возникает вопрос о дальнейшей рационализации устройств для задержания и промывки наносов, при чем рационализация должна идти по пути удешевления общей стоимости устройств, улучшения работы и устранения зависимости работы промывных устройств от работы регулятора. В этом отношении заслуживают внимания опыты Turrau, произведенные в Высшей технической школе в Дармштате в 1924 г. ¹⁾

Основная цель опытов. Основной целью опытов в лаборатории было:
1. Выяснить более детально действие промывных отверстий в количественном отношении.

2. Выработать средства для наиболее рациональной промывки наносов, отложившихся перед порогами головных сооружений каналов.

¹⁾ См. «Wasserkraft und Wasserwirtschaft», 1927 г., № 9, стр. 129.

Условия опытов (по 1 части).

Опыты были поставлены в русловом лотке с моделью подпорного сооружения и примыкающего к нему входного регулятора. Ширина русла была взята от 1,5 до 2,0 м. В теле плотины, рядом с порогом регулятора, устроены были 2 донных спуска, доходящие до дна реки и имеющие по 23 см. ширины в свету каждый. Порог головного регулятора имел длину 2,7 мтр. и высоту над дном 20 см.

Донные спуски и вход в регулятор не ограждены от русла продольной стенкой, так что имеет место свободный приток воды со стороны русла. Размеры русла по отношению к сооружению, очевидно, взяты недостаточны. Но в виду того, что влияние промывки ограничивается небольшой сферой действия, возможно было допустить срезку части ширины русла, на которую не распространяется влияние промывки.

Нанос состоял из песка и гальки величиною зерна до 3 см. Нормальный подпор горизонта плотины был на 18 см. выше верха порога. Глубина воды у плотины в верхнем бьефе—38 см. Разность уровней верхнего и нижнего бьефов—20 см. Общий вид со стороны верхнего бьефа представлен на фотографии, где видно также и вводимое автором опытов приспособление.

Нормальный расход в русле 50 л./с.

При открытии донных спусков расход соответственно увеличивался на 68 л./с. для каждого спуска.

Щиты спусков поднимались на 20 см. Вода протекала в них со скоростью приблизительно в 1,5 м./с.

После 1—2 минут протекания нанос вымывался

Результаты опыта. в виде резко выраженной ямы, доходившей до дна (черт. 1-а и 1-б).

Яма имела в плане приблизительно форму четверти эллипса с большой осью, расположенной вдоль плотины, и малой вдоль порога. После продолжения опыта в течение дальнейших 45 м. не произошло никаких существенных изменений. Опыты были проделаны сначала с одним спуском, потом с двумя. Результат получился в общем однохарактерный.

Размеры ямы менялись существенно лишь вдоль плотины (чер. 1-в) В нижеприведенной таблице указаны размеры вымытых ям, выраженные в ширинах донного спуска.

Таблица 1.

Число открытых спусков	Место измерения	Размеры ямы в ширинах спуска	
		В направлении порога регулятора	В направлении плотины
Один	У дна.	1 ширина спуска	2 ширины спуска
	На поверхности отложения.	2 » »	4 » »
Два	У дна.	1 $\frac{1}{4}$ » »	4 $\frac{1}{2}$ » »
	На поверхности отложения.	3 » »	7 » »

Таким образом, оказывается, что действие донных спусков распространяется главным образом вдоль плотины, и порог головного сооружения мало подвергнут очистке. Приток воды к спускам совершается не вдоль порога, а по некоторой цилиндрической поверхности, примерно,

эллиптического очертания, и размывающее действие потока быстро падает с удалением от спуска.

Такой результат в значительной степени должен быть приписан отсутствию продольной стенки, отделяющей вход в сооружение от русла. Этой последней удалось бы, несомненно, ослабить приток со стороны русла и создать более сильный ток вдоль порога.

Следует поэтому считать серьезным упущением опытов, что не были испытаны спуски в присутствии продольных стенок различной высоты.

Условия опытов (по 2-ой части). Так как основной недостаток донных спусков — малое распространение вымыва вверх — вдоль порога регулятора, то пытались выработать такую конструкцию подвижного тела, которая позволила бы распространить промывку на всю длину порога. При опытах были применены две системы тел: в виде угла Г и в виде крюка Г. Подобного рода тела двигались по направляющим выдвинутым за порог. В поднятом состоянии вертикальные стенки тел могут служить забрами для задержания плавающих засорений (черт. № 2); в погруженном состоянии тела вместе с порогом образуют канал (черт. 3), оканчивающийся донным спуском и закрываемый его щитом. Общий вид расположения тел указан на черт. 4.

В результате опытов, во время промывки, во внутреннее пространство тела проникает со всех сторон с большой скоростью поток, который и увлекает наносы в донный спуск по образованному телом каналу. Действие тел погружения здесь подобно применяемым в реках «подвесным» сооружениям для смыва отложений. Каждое тело, будучи погружено, производит вымыв отложений подобно донному спуску. При коротких порогах возможно ограничиться одним телом, при более длинных могут потребоваться несколько тел, вследствие большой тяжести одного и лучшего действия при разбивке на меньшие размеры.

В опытах были употреблены 4 тела, укладываемые по всей длине порога, при чем торец последнего примыкал к вертикальной стенке, выдвинутой за порог и имеющей внизу отверстие (соответствующее внутренним размерам канала, образуемого телами) закрываемое щитом S_2 (черт. 4).

Этот щит, будучи закрыт, позволяет усилить промывное действие канала в ширину, если последовательно поднимать тела в отдельности, пропуская воду лишь под вертикальную стенку.

Таким образом постепенным опусканием тел смывали наносы на всей длине порога и выше на 2—3 ширины спуска, при ширине вымыва, равного 3-м ширинам спуска, увеличенного несколько впоследствии повторной промывкой при закрытом щите.

Форма тел погружения и порядок их эксплуатации зависят от имеющегося в распоряжении количества промывной воды, от количества наносов и продолжительности их притока, от высоты порога, а также от тех функций, которые предполагается возложить на тела.

В опытах рассмотрены два рода условий работы: 1) когда тела предназначаются только для очистки порога от наносов; 2) когда на тела возлагается очистка от наносов и засорений решеток, устанавливаемых в напорном бассейне гидроустановок.

При большом количестве промывной воды и значительной высоте порогов может быть применена простая угловая форма, при которой вода поступает внутрь со всех сторон (черт. 5).

При ограниченном количестве воды или незначительной высоте порога оказывается более благоприятной форма крюка, которая задерживает приток воды со стороны порога (из сооружения) и вызывает сильное промывание дна (черт. 6).

Порядок работы телами таков. Как только расход воды в реке возрастает настолько, что представляется возможность держать открытым донный спуск, и у порога скопилось достаточное количество наносов, открывают донный спуск и медленно погружают тела по очереди от первого до последнего, считая от плотины. Когда порог оказывается достаточно промытым, закрывают донный спуск и свободно поднимают тела. Операция повторяется по мере необходимости и возможности.

При слабом притоке наносов и при низких порогах можно применить постоянную промывку, которая производится при всех опущенных телах путем некоторого поднятия одного или двух из них с тем, чтобы при малом расходе воды, наносы постоянно увлекались в промывной канал, подобно действию конструкции, разработанной опытами А.-С. Mittleren Isar¹⁾.

По мере необходимости поднятие тел чередуется. При этом необходимо тела делать несколько ниже порога, чтобы они не стесняли живого сечения входа в сооружение (черт 7).

Если опорами для тел служат продолжения быков сооружения, то желательно, чтобы отверстия внизу их для пропуска канала делались соответственно внутренним размерам тел. Этим предотвращается при поднятом теле проникание воды с торцевой стороны и создается поток только у дна.

Несомненно, что метод постоянной промывки также применим и при больших и коротких паводках с большим количеством наносов. Результаты опытов по промывке телами указаны на черт. 8-а—8-ж., представляющих картину последовательной промывки при одном, двух и т. д. поднятых телах, и последний черт. 8-ж указывает на результат вторичной дополнительной промывки путем некоторого поднятия тел по отдельности.

Следует еще указать на удобство применения описанного метода промывки для очистки решеток гидроустановок. При высоких порогах и малой толщине переливающегося слоя воды можно достигать очистки решетки на всей высоте одними угловыми телами. Значительная длина вертикальной стенки уже при небольшом погружении (даже когда горизонтальная стенка находится еще над водой), создает достаточно сильный поток, чтобы вызвать обратный ток из сооружения и промыть решетку (черт. 9). В случае надобности, можно застрявшие тела на решетке шестами или специальными граблями погрузить вниз, откуда они легко будут увлечены потоком в промывной канал.

При порогах незначительной высоты и при большой толщине переливающегося слоя необходимый для промывки решетки поток создается только при полном погружении тела в воду и при наклонной решетке засорения остаются вне сферы действия промывного потока (черт. 10). В этом случае промывка решетки можно достигать при вертикальной ее установке у внешней грани порога, чтобы тело горизонтальным ребром скользило по решетке, увлекая посторонние плавающие тела вниз до того, пока они не будут увлечены потоком. Когда гладкое ребро тела погружения не будет достаточно хорошо очищать решетку от застрявших в ней засорений, можно горизонтальное плечо снабдить зубьями, скользящими между прутьями решетки (черт. 11).

В заключение, автором рассматриваемой здесь статьи указывается на следующие основные достоинства выработанного устройства и метода промывки:

¹⁾ См. «Вестн. Ирриг.» 1927, № 9, ст. Д. Я. Соколова «К выработке мер по борьбе с наносами».

1. Промывка получается совершенная, с незначительной затратой времени и рабочей силы, т. к. промывание происходит в момент опускания тела и заканчивается, когда тело достигает дна.

2. В нормальных условиях тело не понижает мощности гидроустановки, допуская промывку при очень малых расходах воды, с частично открытым донным спуском.

3. В поднятом положении тело заменяет забрало и делает излишним устройство специального.

4. Тело может быть использовано для промывки решеток и дает то преимущество, что не требуется мусор и наносы извлекать из воды.

5. Конструкция проста и при проектировке ее не встретилось никаких затруднений.

6. Способ дает возможность применить донные спуски меньших размеров, чем это обычно принято.

7. Устройство приспособления, не встречая совершенно никаких затруднений при проектировке новых сооружений, не вызывает особых затруднений и при устройстве его на существующих.

Результаты исследования Turnau, таким образом, могут быть использованы и при конструировании головных устройств ирригационных каналов.

Прежде всего, результаты опытов указывают на возможность обходиться в некоторых случаях без продольных стенок, ухудшающих условия подвода воды к сооружению и делающих почти невозможным питание канала в периоды промывки образуемых ими карманов, т. к. все взмытые наносы до втягивания их в промывной шлюз проходят мимо порога регулятора и увлекаются потоком в канал.

При промывных устройствах в самом пороге регулятора получают благоприятные условия в отношении возможности отделения донного слоя потока, насыщенного крупными наносами, от верхнего, содержащего в большинстве мелкие частицы, легко выносимые на поля орошения.

Одновременно с этим получают более благоприятные условия для протекания воды через самое головное сооружение при одновременной промывке наносов, т. к. направления потоков в сооружение и промывные отверстия совпадают.

В обычных конструкциях мы имеем промывной поток вдоль порога, а не нормально к нему, что увеличивает коэффициент бокового сжатия струи. Таким образом, если приходится делать промывку при нормальных расчетных условиях регулятора, то, учитывая сказанное, необходимо было бы сооружение рассчитать с запасом, чего можно избежать при новом устройстве промывных отверстий.

В периоды же паводков, когда можно ожидать больших отложений наносов, представляется возможность держать полуоткрытыми донные промывные отверстия в пороге, создавая те благоприятные условия для выноса наносов, которые были отмечены опытами A.-G. Mittlerer Isar и заключались в устройстве донных промывных каналов.

Тот недостаток нового устройства, что он дает возможность промывать сравнительно узкую полосу перед порогом, окупается чрезвычайной краткостью времени промывки, каковую поэтому легко производить и при нормальном расчетном горизонте воды в реке, не нарушая сильно поливного графика.

Наконец, в применении к ирригационным каналам оформление результатов опытов может привести и к значительному удешевлению самого сооружения.

Так, не делая порога в самом сооружении, что является удорожающим обстоятельством, а устраивая лишь уступ при входе в него, можем в этом уступе сделать канал вдоль всего сооружения, заканчивающийся в промывном отверстии плотины. Канал закрывается щитами по отдельным пролетам, соответствующим пролетам сооружения, при чем щиты эти могут служить одновременно и донными щитами самого регулятора при наличии щита в промывном отверстии плотины. Число промывных отверстий плотины сокращается до одного.

В некоторых случаях может представиться возможность совсем избежать устройства щита в промывном отверстии плотины. В этом случае, следовательно, получается перенос щитов с плотины на регулятор, что приводит к сокращению числа подъемных механизмов и служебных мостиков.

Донные щиты в пороге регулятора в паводки, когда представляется возможность держать их приподнятыми для промывки наносов, будут служить порогами, способствующими задержанию крупных наносов.

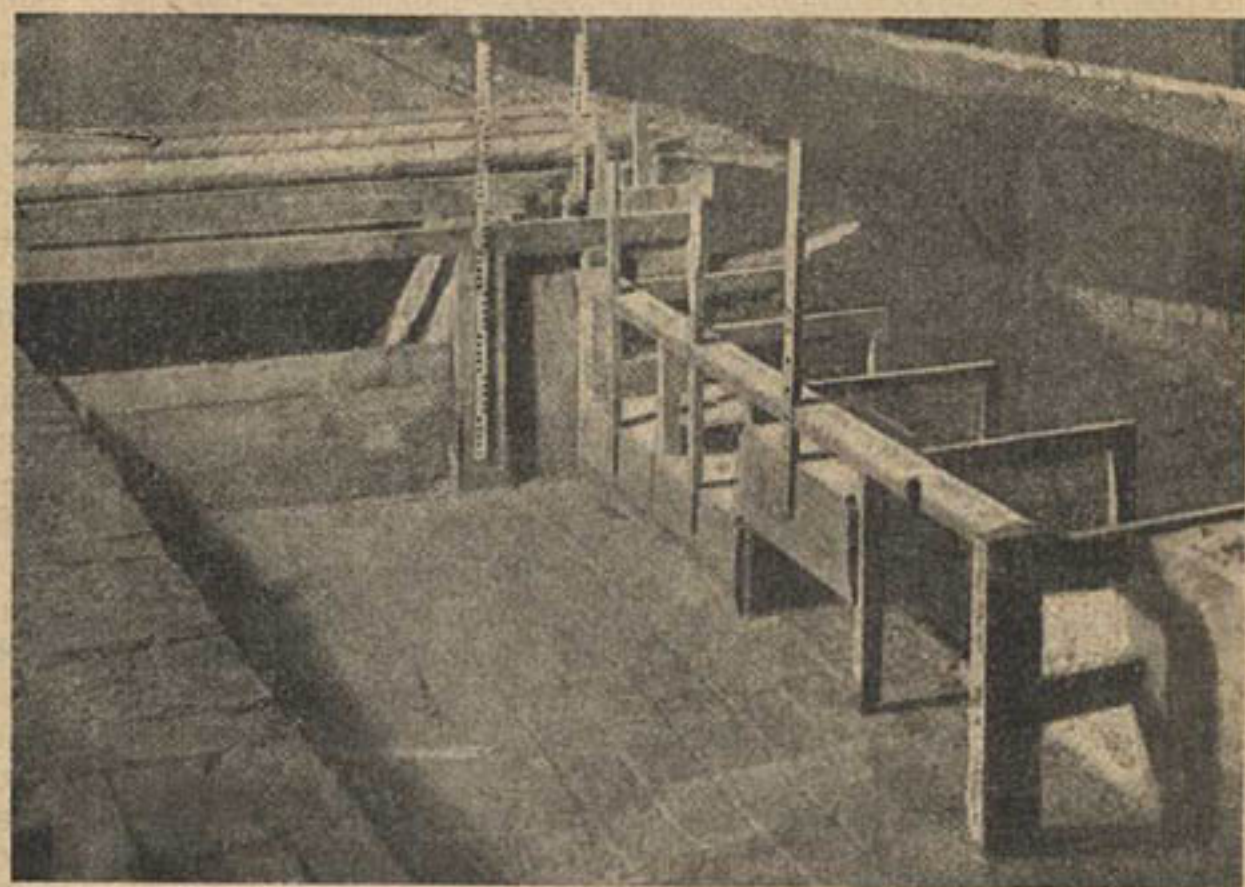
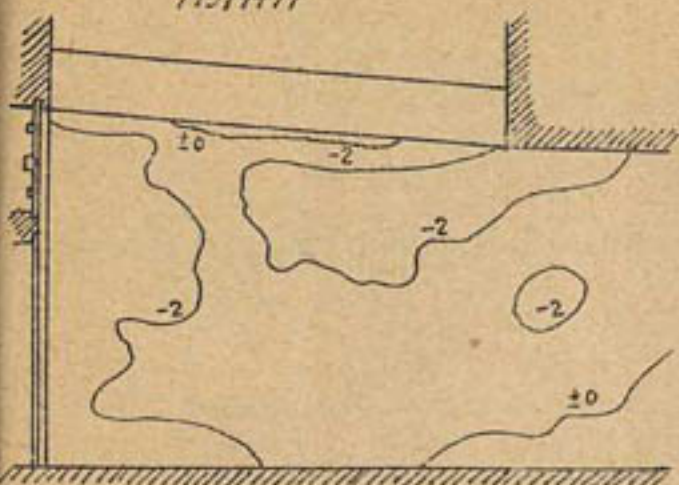
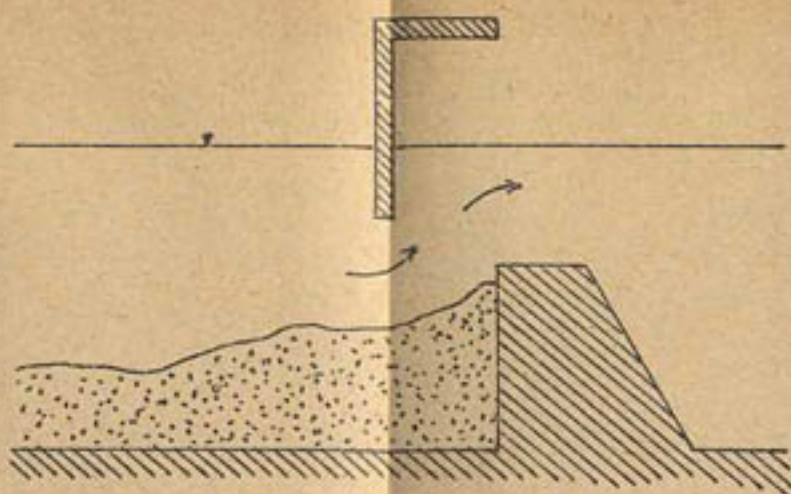


Рис. 1. Вид общей установки модели главного сооружения с телами погружения.

ПЛАН

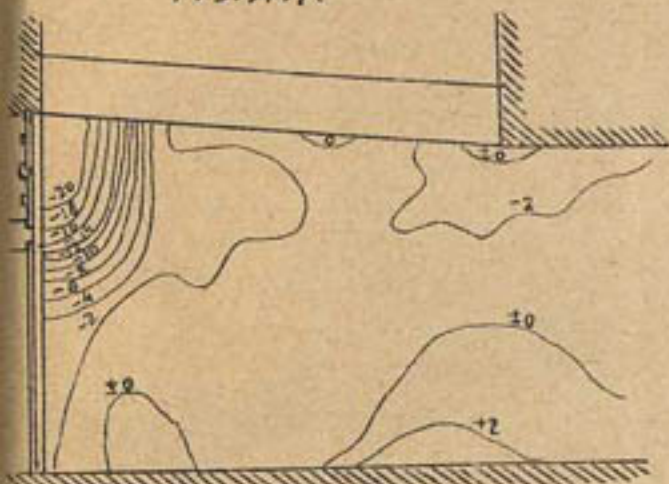


ЧЕРТ. № 1-а.

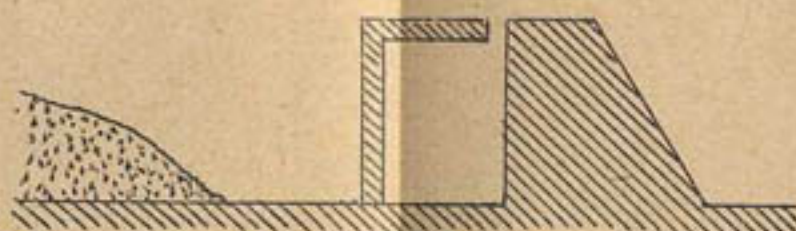


ЧЕРТ. № 2.

ПЛАН.



ЧЕРТ. № 1-б.



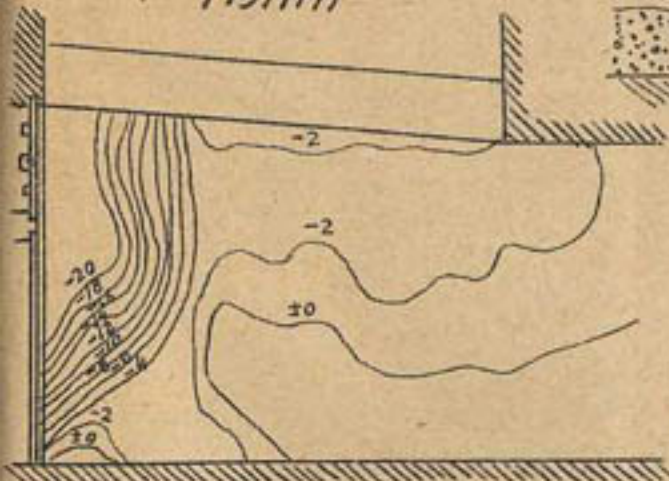
ЧЕРТ. № 3.

ЧЕРТ. № 4.
ПОРОГ С ТЕЛАМИ ПОГРУЖЕНИЯ.

ПРОДОЛЬНЫЙ РАЗРЕЗ

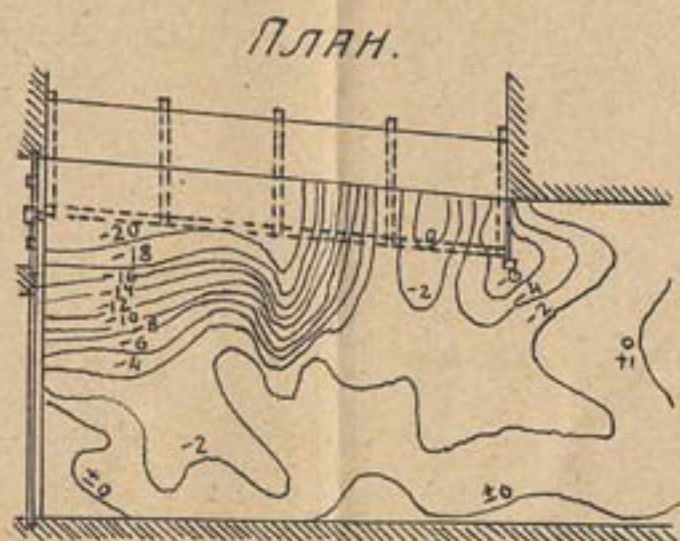
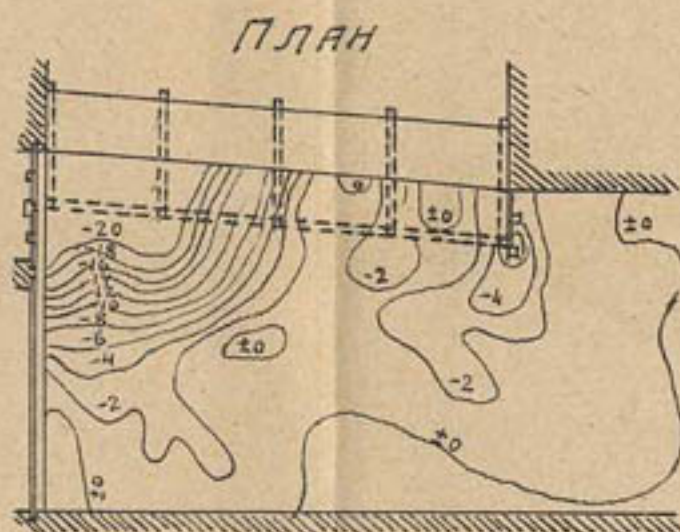
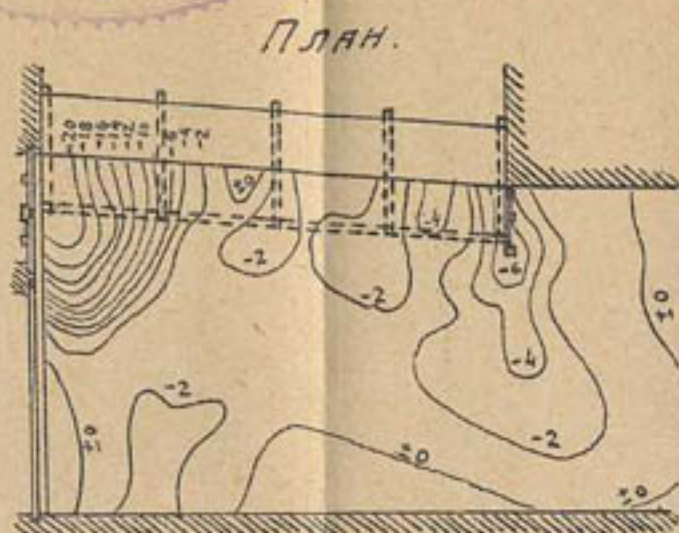
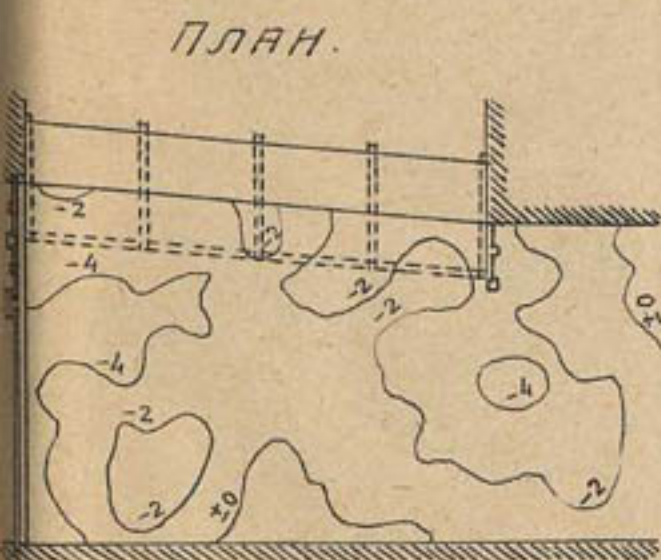
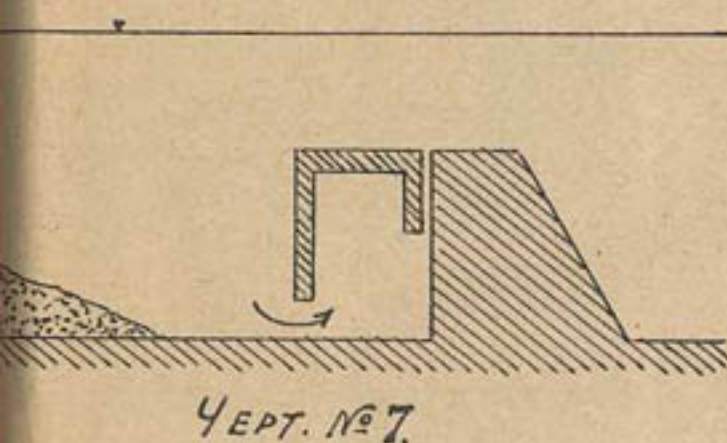
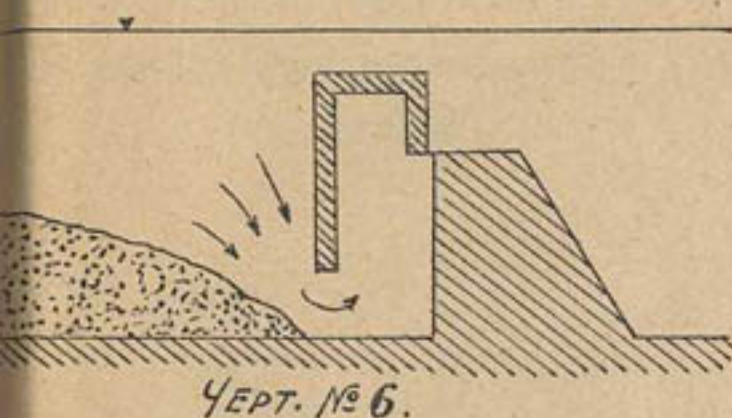
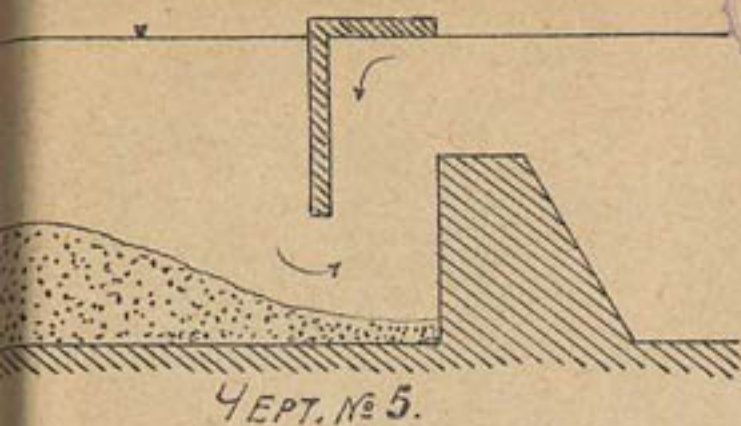


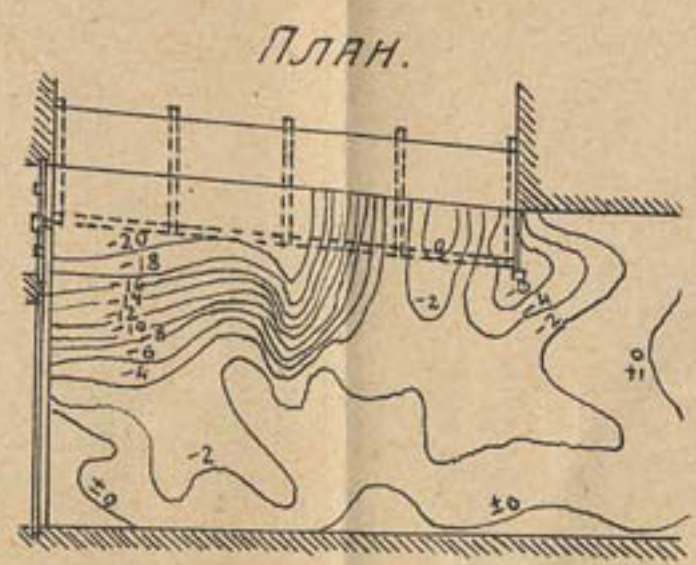
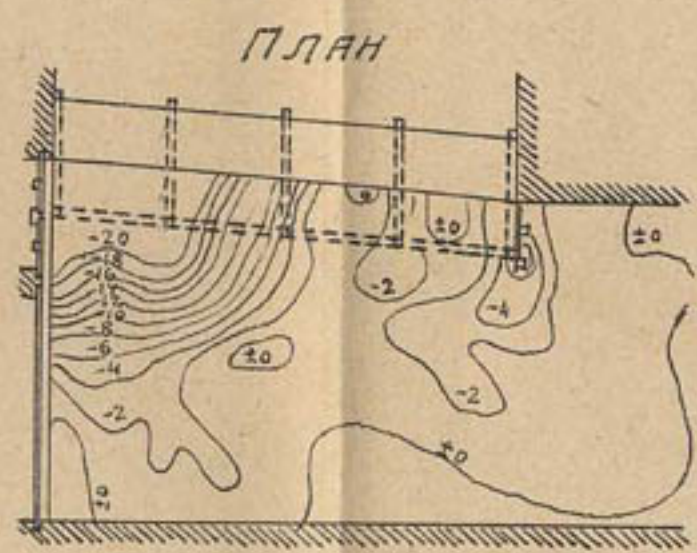
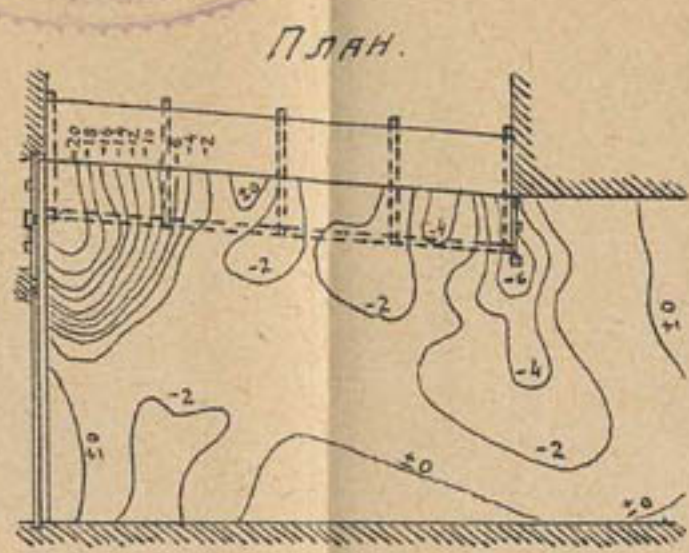
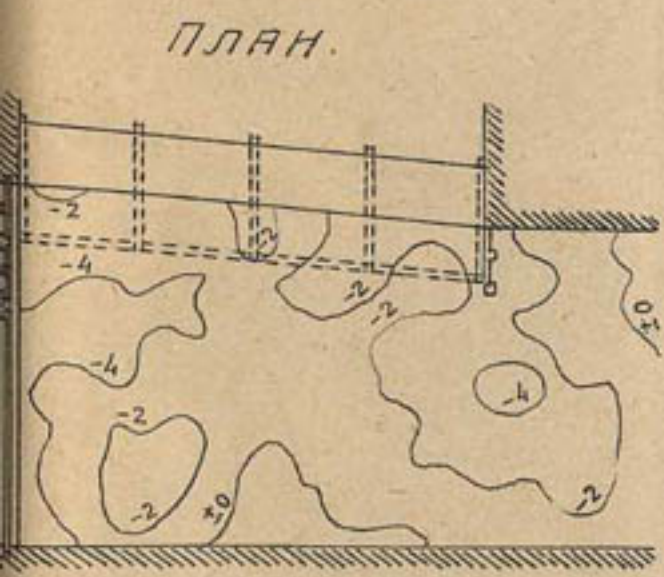
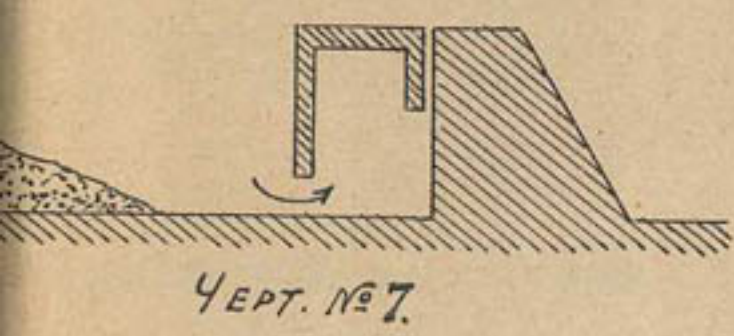
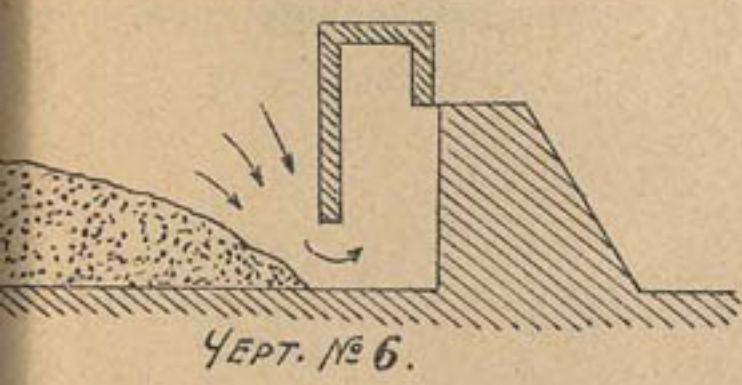
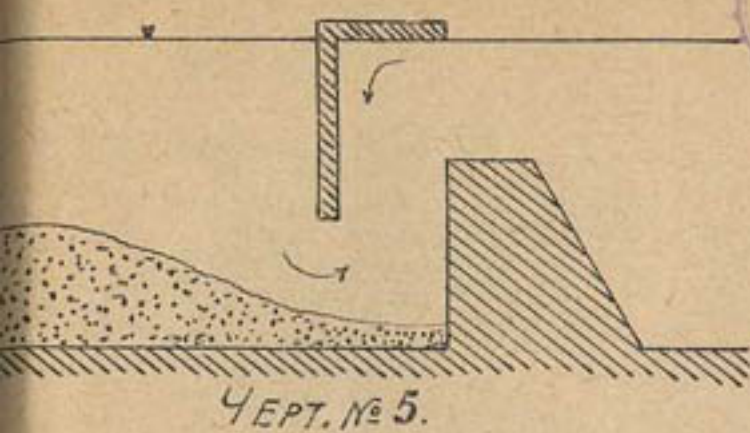
ПЛАН



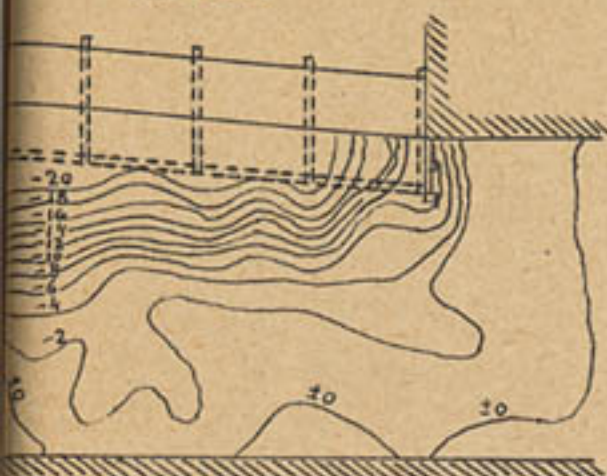
ЧЕРТ. № 1-в.



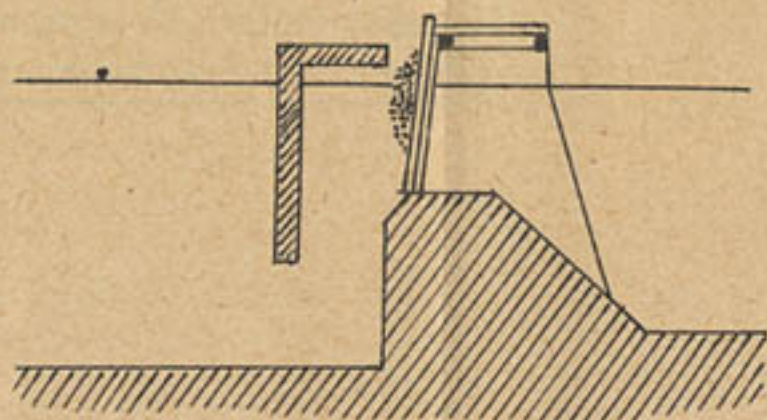




ПЛАН

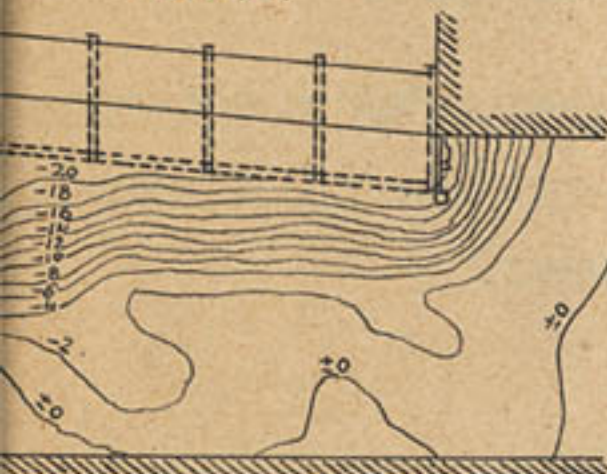


ЧЕРТ. № 8-д.



ЧЕРТ. № 9.

ПЛАН.

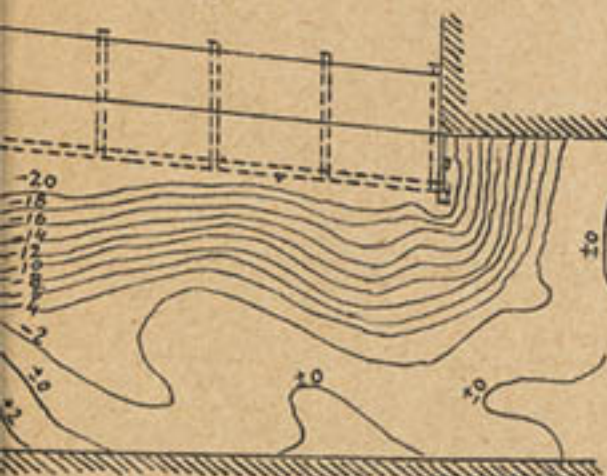


ЧЕРТ. № 8-е.

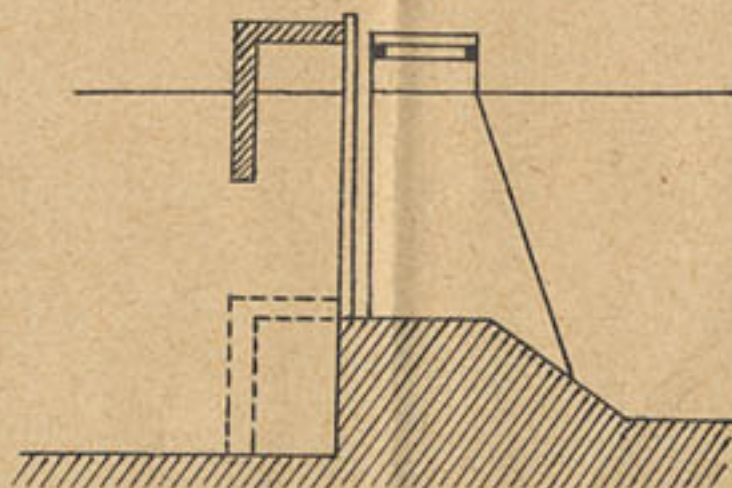


ЧЕРТ. № 10.

ПЛАН.



ЧЕРТ. № 8-ж.



ЧЕРТ. № 11.

*Опытно-Исследовательский
Институт Водного Хозяйства.*

Сводная ведомость

водомерных наблюдений по важнейшим рекам и
озерам и по некоторым оросительным каналам
Средней Азии.

Ведомость уровней.

№№ по порядку	Река, канал	Станция, пост	Сред. ур. воды по декадам			Миним.	Средн. месич.	Максим.	Примечание	
			I	II	III					
			В сантиметрах							
Верхний Сыр-Дарьинский район. Ноябрь 1927 г.										
1	Р. Нарын	Ст. № 12а Уч-Курганская	104	99	101	98	101	105		
2	Ар. Каирма	п. № 12б » »	40	30	40	21	36	44		
3	» Чарва	» № 12в » »	36	—	—	—	—	47		
4	Р. Кара-Дарья	ст. № 53 Кампыр-Рават.	132	126	128	125	129	141		
5	» Яссы	п. Ясинский	97	97	98	96	97	101		
6	» Куршаб	» Куршабский	38	36	35	35	37	40		
7	» Тенгяк-сай	» № 9 Воздвиженский	8	7	8	6	7	12		
8	» Майли-су	» № 92 Бобский	36	36	36	35	36	39		
9	» Кугарт-сай	» № 54 Джиргитальский	67	65	65	63	66	75		
10	» Касан-сай	» № 52 Баймакский	39	40	4	37	39	40		
11	» Гава-сай	» № 90 Бакджайский	46	44	45	44	45	46		
12	» Паша-Ата	» № 91 Паша-Атинский	74	73	73	72	73	75		
13	» Ак-Бура	» № 55 Папанский	35	34	34	33	34	36		
14	» Араван-сай	» № 56 Иски-Наукатский	48	50	50	46	49	51		
15	» Шахимардан-сай	» № 15 Пульганский	52	52	52	52	52	53		
16	» Исфайрам-сай	» Майданский	42	41	40	39	41	43		
17	» » »	» № 14 Уч-Курганский до революцион.	54	54	54	53	54	55		
18	» » »	» № 14б » »	19	19	19	18	19	20		
Нижний Сыр-Дарьинский район.										
19	Р. Сыр-Дарья	Ст. № 1 Запорожская	59	59	60	51	59	64		
20	» » »	» № 95а Чардарьинская	23	26	28	21	26	33		
21	» » »	п. Бактюленский	34	38	38	32	36	44		
22	» » »	» Утрабадский	—3	1	6	—5	1	11		
23	» » »	ст. № 94а Тюмень-Арык.	3	5	9	0	6	11		
24	Прот. Кок-су	п. Солотюбенский	17	22	27	13	22	33		
25	Р. Сыр-Дарья	п. № Тартугальский	62	65	71	56	66	74		
26	Пост Саурамбай	» Сарамбайский	В о д ы н е т							
27	Р. Сыр-Дарья	» № 57 Кара-Узякский	—57	—53	—2	—60	—37	73		

№№ по порядку	Река, канал	Станция, пост	Сред. ур. воды по декадам			Миним.	Средн. месяч.	Максим.	Примечание
			I	II	III				
			В сантиметрах						
28	Прот. Кара-Узаяк	П. № 75а Кара-Узаякский	-56	-54	2	-59	-36	85	
29	Р. Сыр-Дарья	» Кармакчинский	37	41	62	35	47	114	
30	прот. Кара-Узаяк	» № 127 Джусалинский	36	40	62	34	46	113	
31	Р. Сыр-Дарья	ст. № 31 Казалинская	-23	-16	-21	-82	-20	-4	
32	Море Аральское	п. № 31 Аральский	1	-7	-16	-30	-7	33	
33	Р. Ангрен	» № 89. Тюркский	50	47	51	45	49	56	
34	»	» Самарский	32	32	33	29	32	37	
35	» Чирчик	ст. № 7 Чимбайлыкская	50	45	44	39	47	64	
36	»	п. Большой Выгон	32	31	37	30	33	42	
37	»	» № 8 Чиназский	51	52	58	48	54	63	
38	» Калган-Чирчик	» Ташлакский	41	40	53	36	44	65	
39	Кан. Боз-су	» Кара-Камышск.	66	105	110	33	94	136	
40	» Кара-Камыш	»	94	131	127	87	117	146	
41	Р. Келес	» Рамаданский	5	4	6	4	5	15	
42	» Арысь	ст. № 109а Мамаевская	84	85	86	83	85	87	
43	» Бадам	п. Бадамский	11	11	13	10	12	14	
44	» Арысь	» Арысский	71	74	76	63	74	78	
45	»	п. № 5 Тимурский	59	65	68	56	64	72	
Джетысуйский район.									
46	Р. Талас	ст. № 21а Александровск.	151	151	151	150	151	152	
47	» Кара-су	п.	-32	-32	-33	-33	-32	-30	
48	» Чу	» № 41-а Кутемалдинск. (нижний)	36	37	36	34	37	39	
49	»	» № 19 Константиновск.	56	55	57	52	56	61	
50	»	» Таш-Уткульский	80	84	88	76	84	89	
51	»	» № 124а Гуляевский	96	103	—	94	—	—	
52	» Малая Кебин	» Мало-Кебинск. верхн.	50	47	52	45	49	58	
53	»	» » нижний	40	38	42	36	40	49	
54	» Чу	» № 40 Джиль-Арыкск.	-17	-18	-19	-20	-18	-15	
55	Озеро Иссык-Куль	» № 44 Кутемалдинский (Рыбачий)	153	155	150	126	153	160	
56	Р. Или	» № 65-а Борохудзирск.	11	4	3	-1	6	15	
57	»	» № 101 Илийский	25	19	22	17	22	32	

№№ по порядку	Река, канал	Станция, пост	Сред. ур. воды по декадам			Миним.	Средн. месеч.	Максим.	Примечание
			I	II	III				
			В сантиметрах						
58	Р. Или	ст. № 47 Илийский	60	57	58	52	58	68	
59	» Кара-Тал	ст. № 69 Каратальская	24	22	—	16	—	—	
Аму-Дарьинский район.									
60	» Аму-Дарья	п. 49 Кизыл-Аякский	166	160	152	150	159	711	
61	» » »	ст. № 48 Керкинская	61	62	61	57	61	67	
62	» » »	п. Чарджуйский	218	214	211	207	214	222	

РЕФЕРАТЫ и БИБЛИОГРАФИЯ.

Теория пульсирующего потока и расчет гидротехнических сооружений, устойчивых против размыва.

§ 1. Введение.

На Совете Специалистов Оп.-Иссл. Ин-та В. Х. от 15 февраля т.г. заслушан весьма интересный доклад заведывающего гидрологическими исследованиями Южного участка Туркестано-Сибирской жел. дороги инженера Н. М. Бернадского на тему: «Теория пульсирующего потока и расчет искусственных сооружений, устойчивых против размыва». С расчетом гидротехнических сооружений, устойчивых против размывающего действия потока, Управлению по постройке Туркестано-Сибирской жел. дор. пришлось столкнуться при трассировке линии Южного участка в предгорной зоне, где приходится пересекать многочисленные лога в лессовом грунте, несущие весной значительные количества воды тающих горных снегов. От возможности и способа укрепления гидротехнических сооружений, таким образом, в значительной мере зависит выбор повышенного или пониженного расположения трассы, а это в свою очередь оказывает существенное влияние как на техническую, так и на экономическую сторону постройки.

Управление, учтя эти обстоятельства, поручило инженеру Н. М. Бернадскому разработать теоретическую сторону вопроса укрепления русел, в результате чего появилась его работа «Основные положения и зависимости теории пульсирующего потока», послужившая материалом для вышеупомянутого доклада.

§ 2. Поддерживающая сила.

Свои выводы докладчик базирует на понятии так наз. «поддерживающей силы» потока. Выделяя из потока некоторый, бесконечно узкий слой и рассматривая некоторую частицу этого слоя, он приходит к заключению, что, благодаря взаимодействию смежных слоев, движущихся с неодинаковыми скоростями (в виду существования в потоке градиента скорости по высоте), помимо поступательного движения, частица жидкости испытывает некоторое вращение в плоскости максимального градиента (водооборот, по терминологии докладчика), угловая скорость которого, ω , равна по численному значению половине градиента скорости $\frac{\partial V}{\partial Z}$ в данной точке. (Ось Z направлена по направлению силы тяжести, ось X—перпендикулярно к ней в плоскости максимального градиента и ось Y—перпендикулярно к первым двум—в плоскости нулевого градиента).

Складывая геометрически поступательное перемещение частицы жидкости за бесконечно малый промежуток времени с вращением за тот же промежуток, докладчик приводит составное движение к одному вращению около мгновенного центра, координаты которого определяются равенством $r = \frac{V}{\omega}$, где r — мгновенный радиус вращения, V — поступательная и ω — угловая скорость частицы в данный момент.

Как следствие, он выводит необходимость существования центробежного ускорения и центробежной силы, направленной по направлению возрастающих скоростей потока. Величина элементарной силы инерции определяется равенством $dp = \omega V dm$, где dm — коэффициент инерции (масса) частицы жидкости.

Относя силу p (как объемную) к единице объема жидкости, докладчик получает выражение:

$$p = \frac{\gamma}{g} \omega V, \dots \dots \dots (1)$$

где γ — удельный вес жидкости в состоянии покоя и g — ускорение силы земного притяжения, или, исключая ω ,

$$p = \frac{\gamma V}{2g} \cdot \frac{\partial V}{\partial Z} \dots \dots \dots (2)$$

Сила p , суммируясь с силой тяжести, меняет удельный вес движущейся жидкости

$$\gamma_v = \gamma \left(1 + \frac{V}{2g} \cdot \frac{\partial V}{\partial Z} \right) \dots \dots \dots (3)$$

Так как сила p направлена в сторону возрастающих скоростей, то при обычном распределении скоростей в потоке удельный вес движущейся жидкости непрерывно меняется от дна к поверхности, при чем у дна он имеет минимальное значение, у поверхности максимальное, а по линии стрежня (где градиент скорости равен нулю) равен удельному весу жидкости в состоянии покоя.

Такое «обратное» распределение удельного веса по вертикали явно способствует неустойчивому состоянию параллелоструйного потока, делая существование его возможным лишь до тех пор, пока вязкость жидкости будет в силах препятствовать стремлению соседних слоев к перемешиванию. Дальше начинает иметь место перемешивание жидкости, при котором более легкая жидкость из нижних слоев будет подниматься, уступая место более тяжелой из верхних слоев. Такое перемешивание никогда не может прекратиться.

При этом происходит потеря энергии на трение внутри жидкости и отдача ее дну русла, а также через трение о воздух.

§ 3. Гидравлическое сопротивление.

Для вычисления значения потерянной энергии докладчик вводит понятие «удельного расхода водообмена», который он определяет как расход на квадратную единицу площади русла, происходящий в направлении силы тяжести. Рассматривая два крайние значения пульсирующей придонной скорости, он приходит к убеждению, что потерянная энергия на кв. единицу площади русла пропорциональна разности запасов таковой при наибольшей и наименьшей скорости пульсации, принимая $\gamma = 1$

$$\Theta = \frac{q}{2g} \left\{ (V_R)_1^2 - (V_R)_2^2 \right\} \dots \dots \dots (4)$$

где $\mathcal{E}$ — секундная потеря энергии на кв. единицу площади русла; q — удельный расход водообмена; $(V_R)_1$ и $(V_R)_2$ — два крайние значения пульсирующей придонной скорости.

Определяя «гидравлическое сопротивление» F , действующее на квадратную единицу площади русла, как частное от деления потери энергии на среднюю скорость движения массы воды, докладчик находит для него величину

$$F = \frac{1}{V_c} \cdot \frac{q}{2g} \left\{ (V_R)_1^2 - (V_R)_2^2 \right\} \dots \dots \dots (5)$$

где V_c — средняя скорость воображаемого столба жидкости, построенного на выделенной единице площади.

Преобразуя выражение (5), он окончательно приходит к следующему

$$F = \frac{jk\lambda^3}{g} V_c^2 \dots \dots \dots (6)$$

где j — уклон донной струи при ударе о шероховатости дна (уклон обтекания); k — относительный полуразмах донной пульсации, т. е. $k = \frac{(V_R)_2 - (V_R)_1}{2V_c}$; λ — отношение скорости донной к скорости средней.

Вводя понятие о модуле сопротивления c , как об удельной силе, отнесенной к единице скорости течения, он получает:

$$c = \frac{jk\lambda^3}{g} \dots \dots \dots (7)$$

В ф-ле (7) только одно число, λ , зависит от гидравлического радиуса. Принимая общую схему зависимости по Манингу и выражая λ через R , докладчик получает окончательную формулу для модуля сопротивления:

$$c = \frac{jk}{gR^{1/3}} \dots \dots \dots (8)$$

Из рассмотрения формулы (8) вытекает, что шероховатость русла следует оценивать в двояком отношении: в смысле способности давать поперечные течения (j) и в смысле склонности к образованию пульсации (k), при чем каждый из этих факторов следует изучать в отдельности, рассматривая их, как друг от друга не зависящие.

Для случая лотка Дениля докладчик полагает $\lambda = 1$ и $k = 1/2$, то есть $(V_R)_2 = V_c$ и $(V_R)_1 = 0$, откуда ф-ла (7) преобразуется в

$$c = \frac{j}{2g} \dots \dots \dots (9)$$

Применяя формулу (9) к определению модуля сопротивления рыбоходного лотка, устроенного при плотине Волховской гидроэлектрической установки, докладчик находит для него значение

$$c = 0,025 \text{ т/м}^2.$$

Соответствующий коэффициент в формуле Шези

$$C = \frac{1}{\sqrt{c}} = 6,32$$

Опытная формула, составленная Денилем, дает для рассматриваемого случая

$$C = 6,25$$

Гидрометрические измерения, поставленные в исполненном лотке, дали значения скорости, весьма близкие к расчетным.

§ 4. Перемещение энергии.

Рассматривая некоторый слой потока на глубине Z , докладчик приходит к выводу, что через этот слой происходит постоянный расход энергии из области с высшими скоростями к области с низшими скоростями, теряясь в конце концов на размыв и сотрясение дна и при встрече с воздухом у поверхности. Т. к. этот расход энергии должен возмещаться работой потока на уклоне, то по аналогии с (4) следует, что

$$I \int_{z_0}^x V dz = \frac{q}{2g} \left\{ (V_x)_2^2 - (V_x)_1^2 \right\}, \dots \dots \dots (10)$$

где Z_0 координата слоя нулевого градиента (максимальной скорости); $(V_x)_1$ и $(V_x)_2$ — минимальное и максимальное значение пульсирующей скорости на глубине Z ; I — уклон поверхности потока.

Это выражение преобразуется в

$$\int_{z_0}^x V dz = EV^2 \frac{\partial V}{\partial z}, \dots \dots \dots (11)$$

где

$$E = \frac{j}{2gl} \dots \dots \dots (12)$$

Аналитическое выражение закона сохранения энергии является в то же время дифференциальным видом зависимости, выражающей собой распределение скоростей по высоте вертикали пульсирующего потока.

На основании формулы (11), по данным наблюдений на Гостинопольском посту р. Волхова (набл. 4/VII—1915 г., вертикаль № 6), вычисления дали $E = 20$. Проверка j (формула 12) дала значение 0,05, что отвечает типичному земляному руслу Волхова на месте гидрометрической станции.

§ 5. Воздействие потока на русло.

Причину размыва русла докладчик видит именно в этом перемещении энергии, благодаря сотрясениям, вызываемым ударами нисходящих и восходящих масс воды. Удары и сотрясения дна вызывают взвешивание частиц грунта на некоторую глубину, величина которой зависит от размера и веса частиц грунта и интенсивности передачи энергии. Для изучения последних вопросов докладчик предполагает поставить ряд специальных лабораторных опытов.

Взвешенный слой свободно размывается текущей жидкостью, а поэтому русло должно быть укреплено с таким расчетом, чтобы облицовка могла воспринимать переходящую энергию потока, не разрушаясь и не размываясь.

Остановливаясь на случае искусственного гидротехнического сооружения, стесняющего естественный поток, докладчик указывает на необходимость существования за сооружением областей с различными скоро-

стями течения, которые он разделяет на заводи и собственно живой поток. Благодаря изменению удельного веса движущегося потока [формула (3)] по сравнению с жидкостью в состоянии покоя, уровень в потоке должен быть выше, чем в заводи, при чем, принимая скорость течения в заводи равной нулю, он дает для этого превышения значение:

$$Z_0 - Z = \frac{1}{6} \cdot \frac{V^2}{2g} \dots \dots \dots (13)$$

т. е. разность уровней потока и заводи равна одной шестой части среднего скоростного напора на данной вертикали.

Благодаря существованию сосредоточенного падения на границе потока и заводи происходит энергичный водообмен, который особенно неблагоприятно отражается на устойчивости русла в смысле размыва. Поэтому основная задача защиты от размыва заключается в том, чтобы ограничить выходящий за сооружением поток направляющими устройствами как раз по линии сосредоточенного падения. Это, очевидно, должно уничтожить водообмен и следующие за ним вредные воздействия на русло.

В связи с этим встает чрезвычайно существенная т. наз. плановая задача, т. е. построение потока в плане при любых пограничных условиях. Не останавливаясь детально на этой достаточно сложной проблеме в целом, докладчик переходит к частному случаю сооружения, стесняющего поток, и указывает ход решения задачи построения линии сосредоточенного падения вдоль границы заводи.

Пограничным условием должно служить равенство уклонов, полученных из условий равновесия элементарного столба жидкости в пограничной зоне под действием сил: уклона, гидравлического сопротивления и инерции, с одной стороны, и условий постепенного уменьшения высоты сосредоточенного перепада, благодаря уменьшению скорости потока — с другой.

При постоянстве отношения гидравлического радиуса к глубине пограничной струи, докладчик дает следующее выражение:

$$B = B_0 \cdot e^{\frac{8,4c_0 L}{h}} \dots \dots \dots (14)$$

где B — ширина потока на расстоянии L от задней грани сооружения; B_0 — ширина потока при выходе за сооружением; h — глубина пограничной струи; e — основание натуральных логарифмов; c_0 — модуль сопротивления пограничной струи, равный

$$c_0 = c + 0,0052 \frac{h}{s} \dots \dots \dots (15)$$

где c — обычный модуль сопротивления внутри потока, зависящий только от шероховатости дна; s — ширина и h — глубина пограничной струи. Ширина s должна быть выбираема, исходя из расчета, чтобы весь водообмен между потоком и заводью совершался внутри этой струи.

Расстояние, на которое распространяется сосредоточенное падение, а, следовательно, и усиленное размывающее действие потока, определяется тем соображением, что на этом расстоянии уклон потока должен сравнять уровни потока и заводи от первоначальной разности $Z_0 - Z$ до нуля. Исходя из этого и принимая во внимание формулу (13), можно написать:

$$1 X = \frac{V_0^2}{12g} \dots \dots \dots (16)$$

где X — расстояние исчезновения сосредоточенного падения; I — средний уклон открытого потока; V_0 — скорость, наблюдаемая в непосредственной близости за сооружением. После преобразования, формуле (16) можно придать вид:

$$X = \frac{Q^2}{12g} \cdot \frac{\alpha^2}{R_0^2 B_0^2 I} \dots \dots \dots (17)$$

где Q — расход; R_0, B_0 — гидравлический радиус и отверстие искусственного сооружения; α — отношение скорости V_0 к средней скорости под сооружением. Найденное расстояние X определяет достаточную длину крепления русла за сооружением.

§ 6. Заключение.

При обмене мнений по заслушанному докладу специалистами Института была отмечена необходимость проведения лабораторных опытов для проверки выдвигаемой теории размыва и взвешивания частиц грунта под влиянием ударов потока и испытания различных видов искусственной облицовки с точки зрения противодействия взвешиванию частиц.

Также была отмечена желательность скорейшего издания труда докладчика и опубликование его для широкого сведения.

О. Вяземский.

Основные проблемы и принципы инженерной экономики.

(По поводу книги Fish «Engineering Economics»).

В течение двух-трех последних десятилетий теоретическая экономика претерпела любопытную эволюцию.

В трудах классической школы и ее эпигонов — психологистов и математиков, она была сформулирована как универсальная теоретическая дисциплина о законах хозяйственной жизни. Однако, этот универсализм не мог удержаться долго. Он оказался абстрактным и бесплодным. Он не мог привести к продуктивным научным концепциям, к действительному познавательному овладению явлениями хозяйственной жизни.

На смену ему явилась Privatwirtschaftslehre. Теоретическая экономика расщепилась на ряд экономик, нацеленных на изучение отдельных сфер, отраслей хозяйственной жизни. Установление абстрактных законов сменилось тщательным морфологическим анализом этих сфер. На первый план выдвинулись проблемы экономической морфологии — и в результате возникла экономика промышленности, экономика торговли, транспорта, сельско-хоз. экономика и т. д.

Развитие новейших форм капитализма, развитие техники и общий процесс рационализации хозяйственной жизни чрезвычайно усложнили структурные и функциональные особенности отдельных отраслей хозяйственной жизни. Прежнее Privatwirtschaftslehre уже не могло удовлетворить. Возникла потребность в создании прикладной экономики, которая давала бы систематическую постановку и разрешение практических проблем, возникающих в отдельных отраслях хозяйственной жизни.

В результате мы видим возникновение ряда таких прикладных дисциплин, как торговлеведение, банковедение, учение об организации промышленных предприятий и т. д.

Это прикладное направление в экономике наибольшего своего развития достигло в Америке. Business economics является сейчас одной из тем, наиболее энергично разрабатываемых американскими экономистами.

На этой же почве начинают формироваться основные идеи инженерной экономики.

Среди существующей, пока весьма немногочисленной литературы, особого внимания заслуживает книга *Engineering Economics* американского инженера Fish, профессора Стенфордского Университета. Первое издание этой книги вышло в 1915 году, второе в 1924. Второе издание совершенно не похоже на первое. По справедливому замечанию автора, оно представляет собой новую книгу. Это обстоятельство весьма поучительно. Оно сразу же подводит нас к центральному вопросу: каковы основные задачи и проблемы инженерной экономики.

В предисловии ко второму изданию автор пишет: «Первое издание инженерной экономики имело дело с экономическим выбором структуры (под этим термином автор понимает совокупность материальных объектов, направленных на достижение определенной цели). Опыт показал, что благодаря этому, оказались упущенными чрезвычайно важные моменты. Однако, предпринятая переработка текста оказалась невозможной без изменения всего плана старой книги. Это получилось потому, что фундаментальная проблема инженерной экономики заключается вовсе не в выборе структуры, а скорее в выборе инвестирования».

«Инженерная экономика, по мнению автора, имеет дело с теми проблемами практической экономики, которые для своего разрешения требуют инженерных знаний. Основная проблема инженерной экономики есть проблема инвестирования, и она может быть сформулирована так: даны две или более возможности для применения капитала, какая из них является наиболее выгодной?».

Несомненно, что это определение основных проблем инженерной экономики более правильно, т. к. экономический выбор структуры является более частной задачей, вытекающей из условий инвестирования и определяемой ими.

Анализ инвестимента составляет центральную часть книги. Из него разворачивается вся совокупность проблем инженерной экономики.

Каждый инвестимент определяется рядом условий. Эти условия бывают двух видов: определяемые (*reducible*), т. е. могущие быть выраженными количественно, и неопределимые (*irreducible*), влияние которых на экономический эффект инвестимента не может быть точно измерено.

При сравнении двух вариантов инвестирования, возникает основной вопрос о сравнении их экономических эффектов, т. е. о выражении влияния различных определяемых условия того и другого варианта в некоторых соизмеримых единицах. На отдельных примерах, взятых из инженерной практики, Фиш показывает, как это делается, и устанавливает общие приемы решения этого рода задач.

Если разрешать эту задачу в пределах определяемых условий, то экономический эффект инвестимента является функцией следующих основных переменных: величины капитала, времени и коэффициента обесценения. Отсюда вытекают три дальнейших раздела инженерной экономики: 1) общее учение о первоначальной стоимости структур, 2) проблема использования капитала во времени (процент на капитал, погашение капитала и т. д.) и 3) общее учение об обесценении структур.

В первом разделе дается решение ряда задач, связанных с определением первоначальной стоимости структур. Детальный анализ основных элементов первоначальной стоимости и систематическое изучение их роли в отдельных инженерных структурах дает возможность автору наметить общие приемы решения задач на определение первоначальной стоимости структур.

Второй раздел охватывает задачи, так называемой, финансовой математики (простые и сложные проценты, различные способы погашения капитала и т. д.).

Наиболее любопытным, в смысле новизны, в постановке вопроса является третий раздел. Здесь автор излагает общее учение об обесценении структур, частным случаем которого является амортизация. Большое внимание уделено математической стороне вопроса. Приводятся различные формулы обесценения и дается их сравнительная оценка.

Однако, проблема инвестирования капитала в инженерную структуру не происходит вне времени и пространства. Инженер участвует в строительстве общественного благосостояния через предприятие.

Инженерная структура рождается в предприятии, и только на базе создаваемых им экономических отношений получает свое хозяйственное оправдание. Предприятие является той средой, через которую и в которой инженерная конструкция, как техническая комбинация материальных объектов, претворяется в экономически значимый и функционально определяемый комплекс хозяйственных благ.

Таким образом, перед инженерной экономикой, в качестве самостоятельной проблемы, выступает вопрос об организационных формах предприятий. Однако, основной интерес инженерной экономики сосредоточен здесь не на формах предприятий самих по себе, а на изучении этих форм с точки зрения объективно создаваемых ими условий инвестирования. Предприятие представляет здесь интерес, как форма привлечения и инвестирования капитала в инженерной структуре.

Рассмотрению организационных форм предприятия, главным образом в связи с проблемой *promoting* (привлечения и продвижения средств), автор посвящает две главы книги. Нельзя сказать, чтобы мысль автора отличалась здесь методологической выдержанностью. В ходе изложения он припутывает всякие второстепенные «деловые» соображения, нарушающие и заслоняющие основные линии мысли.

Уже при рассмотрении основных форм предприятия мы переходим к той второй группе условий инвестирования, которые мы назвали неопределимыми. Это—качественные условия инвестирования, не имеющие измеримого базиса для сравнения (обеспеченность и однородность дохода, сохранность основного капитала, его ликвидность, продолжительность инвестимента, залоговые качества имущественной массы, объем распоряжения инвестиментом, вероятность ценностного приращения капитала и т. д.).

Определяющими моментами этих качественных условий инвестирования являются, с одной стороны, общий тип предприятия, его индивидуальные качества (фирма, репутация) и общий характер инвестирования; с другой, будущее направление хозяйственной конъюнктуры.

Особенно важно последнее. Ведь, всякое инвестирование есть в конце-концов предвосхищение будущих экономических эффектов. Оно покоится на хозяйственной отгадке. В лице промоторов (*promoter*) современный капиталистический строй создал даже особую группу лиц—специалистов по хозяйственному предвидению. Они являются первоначальными организаторами предприятий, они берут на себя нахождение наиболее счастливой комбинации инвестирования, для предлагающего свои услуги капитала, и тем самым снимают с владельцев капитала всю тяжесть разрешения этой задачи. Поэтому во всяком инвестировании незримо присутствует элемент будущего, этот почти не поддающийся учету фактор, для определения которого наукой не выработано еще рациональных методов и где весь успех зависит от индивидуальной хозяйственной проницательности.

Таким образом, проблема инвестимента смыкается здесь с проблемой конъюнктурного предсказания. Автор не останавливается на этом вопросе и даже не формулирует его, как следует. Общий практический уклон его книги не позволяет ему идти далее некоторых деловых рецептов.

Таковы основные идеи этой книги. Некоторые из них мы нарочно заострили, придали им более систематическую и отвлеченную формулировку. В таком виде они гораздо лучше передают сущность основных проблем инженерной экономики.

Сам автор довольно слаб в части общих аналитических формулировок соответствующих проблем, но зато это с избытком искупается богатым практическим содержанием его книги. Его изложение построено на примерах, взятых им из инженерной практики. Давая решение таких конкретных примеров, он затем формулирует общие приемы решения подобного рода задач. Это придает изложению несравненную дидактическую силу. Не ограничиваясь этим, автор в конце книги, отдельно по каждой главе, дает ряд вопросов, помогающих усвоить содержание главы, и ряд задач из инженерной практики для упражнений.

В заключение, нам хотелось бы указать на одно обстоятельство, ради которого в значительной мере и писалась эта заметка. Экономическое образование в наших технических вузах, нужно сознаться, влачит довольно жалкое существование. Предусмотренные учебными планами экономические дисциплины (экономическая география и политическая экономия) не пользуются достаточным вниманием, их постановкой мало интересуются, их просто терпят. И такое отношение к ним понятно. В конце-концов, в своем преподавании они не связываются с теми конкретными экономическими проблемами, которые стоят перед инженером. Они не научают его и не дают ему приемов экономически рационального разрешения инженерных задач.

Поэтому, введение в учебные планы наших технических вузов специальной экономической дисциплины прикладного характера—инженерной экономики, представлялось бы весьма желательным и полезным.

А. Головин.

За ответственного редактора

член редакционной коллегии: *В. Д. Журин.*

Журналы и книги, поступившие в редакцию

за март—апрель 1928 г.

1. Американская торговля и промышленность №№ 1—3. Нью-Йорк.
2. Бюллетень Государственного Издательства, № 9—10, 11—12, 13—14. Москва.
3. Декадный Бюллетень Укрмету, № 10—20, Март. Київ.
4. Вестник Комитета по делам Изобретений № 2. Ленинград.
5. Северо-Кавказский Край. № 3. Ростов н/Д.
6. Советская торговля №№ 1—15. Москва.
7. Уральский Техник № 5. Свердловск.
8. Хлопковая Агрономия и Селекция № 1—2.
9. Экономический Вестник Азербайджана № 1. Баку.

Иностранные издания.

1. Scientific Agriculture, № 6, Vol. VIII, February 1928, Ottawa, Canada.
2. The Journal of the Ministry of Agriculture of Victoria, Vol. XXV. Part 12, Australia.
3. Engineering & Contracting, Vol. LXVII, № 2, February 1928, Chicago.
4. The Power Engineer, Vol. XXIII, № 265, April 1928, London.
5. The Beet Leafhopper and Curly Top Situation in Utah, by George F. Knowlton, Circ. 65, May 1927, Logan, Utah.
6. The More Important Insects Injurious to the Sugar-Beet in Utah, by I. M. Hawley, Circ. 54, Logan, Utah.
7. The Alfalfa Weevil, by Harold R. Hagan, Circ. № 31, Logan, Utah.
8. The Control of Rodent Pests, by Charles J. Sorenson, Circ. № 29, Logan, Utah.
9. Field Studies of Sugar-Beet Nematode, by George Stewart and A. H. Bateman, Bulletin 195, Logan Utah.
10. The Fruit Tree Leaf Roller and its Control by Oil Sprays, by I. M. Hawley, Bull. 196, Logan, Utah.
11. The Pear Leaf Blister Mite as an Apple Pest, by I. M. Hawley, Bull. 197, Logan, Utah.
12. A Taxonomic and Ecological Study of the Species of the Subfamily Oedipodinae, by W. W. Henderson, Bull. 191 (Technical), Logan, Utah.
13. The Codling Moth (*Carpocapsa pomonella* L.) by Harold R. Hagan, Circ. № 30, Logan, Utah.
14. Roads and Streets, Vol. LXVIII, № 3, March 1928, Chicago.
15. Water Works, Vol. LXVII, № 3 March 1928, Chicago.
16. Architect & Building News, Vol. CXIX, № 3094, London.
17. Inzynierja Rolna, Rok II, № 2, 1928, Warszawa.
18. Journal of Agricultural Research, Vol. 35, № 12, December 1927, № 1—1928, Washington.

19. The Journal of the Ministry of Agriculture, Vol. XXXV, № 1, 1928, London.
 20. Engineering News-Record, Vol. 100, № 12, 1928, New-York.
 21. Harvesting Grain With the Combined Harvester—Thresher in Northwest Texas, by H. P. Smith and Robert F. Spilman, Bull. № 373, 1927, Brazos County, Texas.
 22. Delivery of Irrigation Water, by Wells A. Hutchins, Technical Bullet. № 47, February 1928, Washington.
 23. Zeitschrift für Bauwesen, Heft III, März 1928, Berlin.
 24. Silt in the Colorado River and Its Relation to Irrigation, by Samuel Fortier and Harry F. Blaney, Technical Bulletin № 67, February 1928, Washington.
 24. The Excavating Engineer, Vol. XXII, № 3, March 1928, South Milwaukee.
 26. A Score of Easily Propagated Lilies, by David Griffiths, Circ. № 23, March 1928, Washington.
 27. College and State North Dakota, March 1928.
 28. New Reclamation Era, Vol. 19, March 1928, № 3, Washington.
-

ОГЛАВЛЕНИЕ.

	Стр.
1. Л. Файвилович—Некоторые вопросы поливной кампании . . .	3
2. Я. Козел—Экономические предпосылки к выбору расчетного года при проектировании ирригационных систем на примере Чумышского гидротехнического узла Чуйской долины . .	7
3. В. Н. Гончаров—Методы гидрометрических работ исследований устьев реки Кубани в 1925—26 г.г.	17
4. Б. А. Мацман.—Регулирование работы подпорных сооружений и учет этот при проектировании их	53
5. Л. У. Мальц—Типовой проект плоских щитовых затворов . . .	71
6. В. И. Владычанский и Л. К. Коревицкий—Регулирование рас- хода заиляющихся каналов	91
7. В. Суровцев—К вопросу о заилении каналов Хорезма	95
8. О. В. Вяземский—Опыт применения теории водо-цементного отношения к расчету составов бетона	103
9. Д. Я. Соколов—К рационализации промывных устройств голов- ных сооружений каналов	113
10. Сводная ведомость водомерных наблюдений	123
11. Рефераты и библиография	127
12. Список книг, поступивших в редакцию	136
13. Список книг, продаваемых со склада Изд. Отд.	138

Contents.

	Pages.
1. L. Faiveelovich—Some questions about irrigating period	3
2. Y. Kozel—Which schedule of water delivery must be taken in projecting an irrigating system when considered from an economical point of view	7
3. V. A. Goncharov—Methods of hydrometrical investigations at the river Kooban in 1925—26	17
4. B. A. Matzman—Regulation of operation of retaining works	53
5. L. U. Maltz—Typical design of flat sluice gates	71
6. V. I. Vladichansky and L. K. Korevitzky—How to regulate the discharge of water in channels inclined to silt	91
7. V. Soorovtzev—Concerning the silting of channels in Horezm	95
8. O. V. Vyasemsky—Application of the water-cement ratio theory to the design of concrete mixtures	103
9. D. Y. Sokolov—Clearing devices at head works of channels and their rational use	113
10. Bulletin	123
11. References and Bibliography	127
12. List of books, received at Editor's.	136
13. List of books in stock	138
