

ВОПРОСЫ ГИДРОТЕХНИКИ

ВЫПУСК

19

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК УЗБЕКСКОЙ ССР

СССР ГОСПЛАНИ ХУЗУРИДАГИ ЎРТА ОСИЁ ПАХТАЧИЛИК
ДАВЛАТ КОМИТЕТИ

СУВ ПРОБЛЕМАЛАРИ ВА ГИДРОТЕХНИКА ИНСТИТУТИ

ГИДРОТЕХНИКА МАСАЛАЛАРИ

19-КИТОБ

Н. Ф. ЦВЕТИКОВА

ИРРИГАЦИЯ СУВТИНДИРГИЧ ИНШООТЛАРИНИНГ
ЛОЙИХАЛАШ ТЕХНИКА ШАРТЛАРИ ВА НОРМАЛАРИ

ЎЗБЕКИСТОН ССР „ФАН“ НАШРИЁТИ

ТОШКЕНТ-1964

ГОСКОМИТЕТ ПО ХЛОПКОВОДСТВУ СРЕДНЕЙ АЗИИ
ПРИ ГОСПЛАНЕ СССР

ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ И ГИДРОТЕХНИКИ

ВОПРОСЫ ГИДРОТЕХНИКИ

ВЫПУСК 19

Н. Ф. ЦВЕТИКОВА

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И НОРМЫ
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ИРРИГАЦИОННЫХ
ОТСТОЙНИКОВ

ИЗДАТЕЛЬСТВО „НАУКА“ УЗБЕКСКОЙ ССР
ТАШКЕНТ • 1964

В книге предложены методы расчета отстойников в земляном русле с механической очисткой их от отложившихся наносов, типичных для условий ирригационных систем, расположенных в назовьях рек типа Аму-Дарьи, Аракса и др.

Книга предназначена для инженеров-проектировщиков, эксплуатационных работников и студентов, специализирующихся по вопросам гидротехники и мелиорации.

Ответственный редактор:

канд. техн. наук
А. В. ЕФРЕМОВ

Редакционная коллегия

Доктор техн. наук профессор С. Х. АБАЛЬЯНЦ,
канд. техн. наук И. И. ГОРОШКОВ, Г. И. ПРОЗОРОВ,
Н. Ф. ЦВЕТИКОВА

ОТ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ

В настоящее время в связи с развитием орошения на Аму-Дарье повысился интерес к методам проектирования и расчета отстойников для оросительных систем. Между тем в технической литературе нет нормативных указаний по этому вопросу, если не считать упоминаемых в предисловии двух вариантов проектов ТУиН, изданных Институтом Гипроводхоз МСХ СССР. Не опубликована также статья А. Н. Гостунского, содержащая сжатое изложение метода расчета турбулентных отстойников. Поэтому выход в свет настоящей работы вполне своевремен: она окажет, с одной стороны, существенную помощь проектным организациям, работающим в области ирригации, с другой, — побудит исследователей к дальнейшему улучшению и упрощению методов расчета ирригационных отстойников.

Проект ТУиН рассмотрен на заседании секции Ученого совета 12 июня 1962 г. и утвержден для издания Ученым советом Института водных проблем и гидротехники Госкомитета по хлопководству Средней Азии при Госплане ССР.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Гипроводхозом МСХ СССР в 1957 г. были опубликованы и разосланы на отзыв производственным организациям два варианта технических условий и норм проектирования (ТУиН) отстойников на оросительных системах, составленные во ВНИИГиМе и САНИИРИ.

В настоящем проекте¹, выработанном с учетом замечаний Узгипроводхоза, Казгипроводэлектро, Среднеазиатского отделения Гидроэнергопроекта, Южгипроводхоза, Росгипроводхоза и САНИИРИ, дан расчет отстойников в земляном русле с механической очисткой их от отложившихся наносов, типичных для ирригационных систем, расположенных в низовьях рек типа Аму-Дарьи, Сыр-Дарьи, Аракса и др.

Особенностью расчета ирригационных отстойников является учет турбулентного характера движения потока в них, обладающего определенной взвешивающей способностью.

В настоящее время для расчета ирригационных отстойников применяются методы А. Н. Гостунского (1949 г.) и А. Г. Хачатряна (1957 г.).

Метод А. Н. Гостунского разработан на основе многолетних наблюдений за работой ирригационных систем низовьев Аму-Дарьи, характеризующихся мелким составом взвешенных наносов.

Опытной основой метода А. Г. Хачатряна служат наблюдения на отстойнике в системе Кульарык, расположенной в среднем течении Аму-Дарьи. Конечные результаты расчетов отстойников, выполненных по указанным методам, близки по своим значениям.

В редактировании раздела общих положений предлагаемого проекта ТУиН проектирования принимали участие сотрудники САНИИРИ и ВНИИГиМа. Рекомендуемый метод расчета разработан в САНИИРИ по предложению А. Н. Гостунского для рек типа Аму-Дарьи, Сыр-Дарьи, Аракса и др., несущих значительное количество мелких наносов с преобладанием частиц диаметром менее 0,05 мм (80—90% от общего состава наносов) и невысоким содержанием (менее 1%) частиц крупнее 0,25 мм. При рассматриваемом методе, как показала проверка его по результатам работы отстойников низовьев Аму-Дарьи в натурных условиях, расхождение данных расчета с данными наблюдений за осаждением наносов в натуре не превышает 12—15%. При использовании методов, не учитывающих взвешивающую способность турбулентного потока, наблюдается значительное увеличение расчетной сте-

¹ Работа выполнена в лаборатории водозаборов Института водных проблем и гидротехники.

пени его осветления, и, следовательно, преуменьшается требуемая длина отстойника.

Ввиду простоты расчета по кривым распределения состава наносов и хорошей сходимости результатов расчета с данными наблюдений за работой отстойников в натурных условиях метод расчета А. Н. Гостунского стал широко применяться.

Как показала практика проектирования ирригационных отстойников, постоянное численное значение параметра β , равное $-1,15$ (рекомендовано А. Н. Гостунским для низовьев Аму-Дарьи), не соответствует некоторым встречающимся составам наносов в низовьях рек.

Поэтому по предложению Н. Ф. Цветиковой метод расчета А. Н. Гостунского для состава наносов среднего течения и низовьев рек стал применяться со значениями параметра $\beta = -1,05, -1,10, -1,15, -1,20, -1,30$.

Глава I

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

НАЗНАЧЕНИЕ ОТСТОЙНИКА И ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К НЕМУ ТРЕБОВАНИЯ

§ 1. Отстойники на оросительных каналах задерживают те поступающие в ирригационную систему вместе с оросительной водой наносы, которые могут вызвать заиление каналов системы и не обеспечить подачи воды, требующейся на орошение.

Отстойники должны быть расположены в местности, удобной для последующего удаления отложившихся наносов путем их смыва или же с помощью механизмов.

§ 2. В зависимости от положения отстойника на оросительной сети и от того, какого порядка канал он должен защищать от заиления, устанавливается требуемая степень осветления воды в отстойнике, причем учитывается транспортирующая способность защищаемого канала.

§ 3. Отстойники, расположенные в голове магистрального канала и защищающие от заиления либо магистральный канал, либо магистральный канал и крупные распределители, называются головными; находящиеся же на распределителях и предохраняющие от заиления более мелкие каналы — внутрисистемными.

§ 4. Опыт эксплуатации головных отстойников показывает, что степень осветления воды $\omega = \frac{\rho}{\rho_0}$ (отношение мутности потока на выходе из отстойника к мутности на входе)¹ для отстойников низовьев Аму-Дарьи, Сыр-Дарьи и других подобных им рек рекомендуется принимать равной:

0,90—0,85 при защите магистрального канала;
0,85—0,70 то же магистрального канала и распределителей;
0,70—0,50 то же оросительной сети (включая межхозяйственные оросители).

Приведенные значения степени осветления воды ориентировочны. Для отдельных систем степень осветления воды в отстойнике определяется в зависимости от величины гидравлических элементов (взвешивающей способности) защищаемого канала с учетом затрат на строительство и эксплуатацию отстойника.

§ 5. При установлении степени осветления воды отстойников следует иметь в виду, что как при строительстве отстойников, так и во время очистки их от отложившихся в них наносов переосветление воды будет способствовать значительному увеличению объема выемок, зарастанию сети, повышению коэффициента ее шероховатости, что по-

¹ Объяснения буквенных обозначений даны в конце работы.

ведет к размывам ирригационных каналов ниже отстойника. Поэтому степень осветления воды не следует преувеличивать.

В результате исследований амударьинских оросительных систем установлено, что зарастание каналов наблюдается при мутностях $\rho \leq 1,5 \div 1,0$ г/л, буйное зарастание — при $\rho \leq 0,6 \div 0,7$ г/л (скорость $v = 0,10—0,18$ м/сек).

§ 6. Полезность выноса на поля наносов той или иной крупности обусловлена химизмом выносимых частиц, почвенными и грунтовыми условиями данной местности, потребностью в песчаных или илистых частицах.

КРАТКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ОТСТОЙНИКОВ

§ 7. По месту расположения:

а) головные, входящие в состав плотинного водозаборного узла (в случаях бесплотинного водозабора они располагаются в пределах головного участка магистрального канала) и служащие защитой от заиления распределительной сети;

б) внутрисистемные, предназначенные для вторичного осветления потока (защита от заиления мелкой сети).

По оборудованию сооружениями:

а) с регулирующими сооружениями перед входом;

б) то же на выходе;

в) то же на входе и выходе.

По способу удаления наносов:

а) с механизированной очисткой;

б) с самотечным смывом отложившихся наносов;

в) с комбинированной очисткой (механизмами и самотечным смывом).

По числу камер:

а) однокамерные; б) многокамерные.

По режиму работы на отстой наносов:

а) непрерывного; б) периодического действия.

По режиму промывки:

а) периодической; б) непрерывной промывкой.

По способу крепления дна и откосов:

а) в земляном русле (без крепления дна и откосов); б) закрепленном.

§ 8. В настоящем проекте ТУиН проектирования отстойников рекомендуется метод расчета для наиболее распространенных в условиях низовьев Аму-Дарьи ирригационных отстойников непрерывного действия в земляном русле с механической очисткой их от отложившихся наносов. Этот метод расчета осаждения взвешенных наносов применим также к условиям отстоя для всех типов отстойников с турбулентным режимом потока.

ОСНОВНЫЕ СХЕМЫ КОМПОНОВКИ ОТСТОЙНИКОВ¹

§ 9. Тип 1. Отстойник в виде подводящего русла с водозаборным сооружением в конце его (рис. 1).

а. При бесплотинном водозаборе отстойник устраивается в случаях неустойчивого русла реки. Отложившиеся наносы удаляются ме-

¹ Содержание этого раздела взято из проекта ТУиН проектирования отстойников на оросительных системах, составленного во ВНИИГиМе.

ханизмами. Режим мутности в отстойнике зависит главным образом от колебаний расходов и уровней воды в реке, которые вызывают переосветление потока при высоких горизонтах воды. В некоторых случаях часть отложений можно удалять гидравлическим смывом.

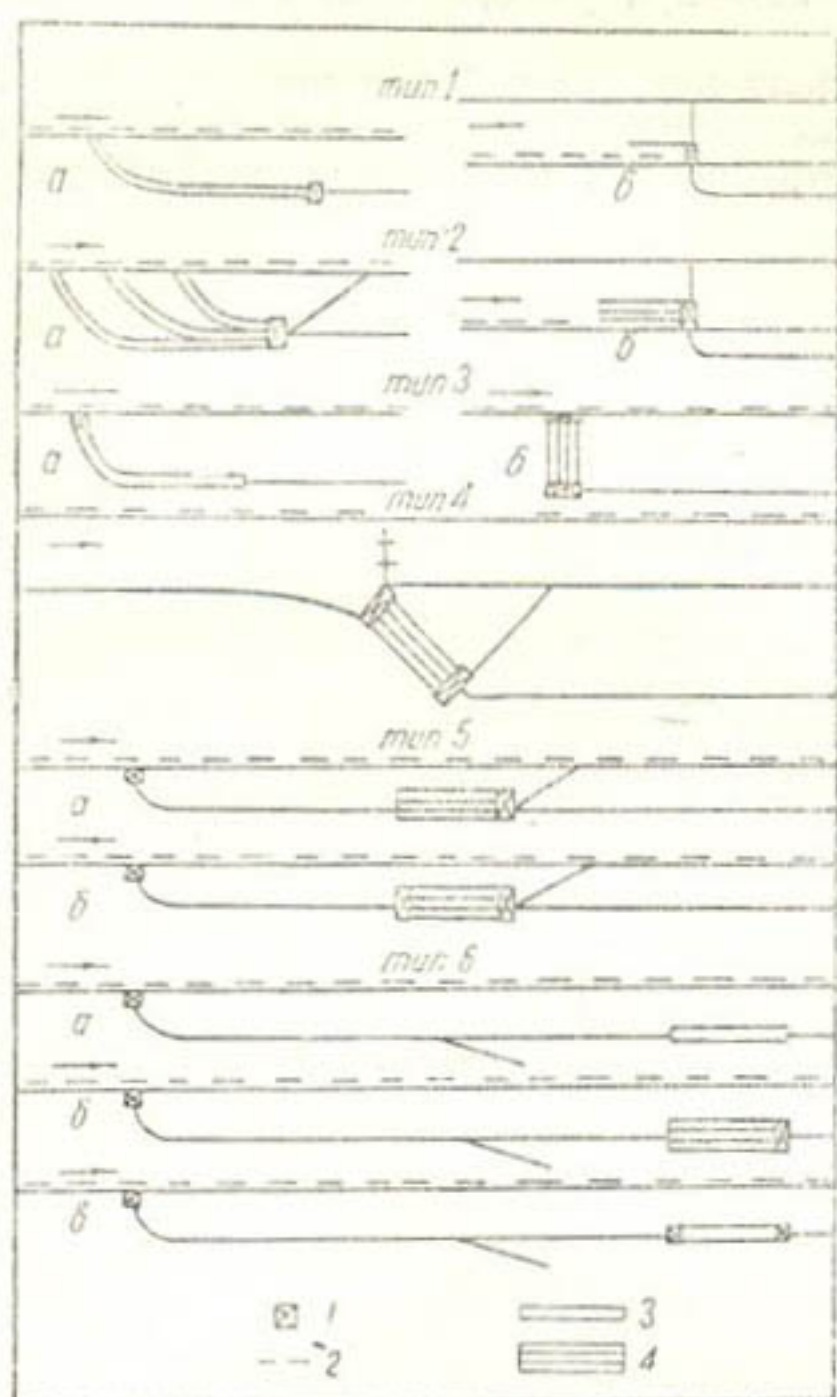


Рис. 1. Схемы расположения отстойников:
1—регулирующее сооружение; 2—река;
3, 4—отстойник однокамерный, многокамерный соответственно.

ческой очисткой наносов и многокамерный с сооружениями при входе и выходе из него.

Степень регулирования мутности потока в этом типе отстойников в отличие от типа 1а и 2а не зависит от уровней воды в реке, а определяется расходом воды в канале и начальной мутностью потока.

Тип 4. Схема аналогична отстойнику типа 3б, но имеет промывное устройство для гидравлического смыва наносов. Применяется при плотинном водозаборе, а в случае наличия перепада может использоваться и при бесплотинном водозаборе.

Тип 5. Многокамерный, гидравлически промываемый отстойник, располагаемый на значительном расстоянии от реки.

Для смыва наносов используется перепад, образующийся за счет меньшего уклона (по сравнению с уклоном реки) в магистральном канале. В случае недостаточной величины перепада можно применять комбинированное удаление отложений — механизмами и промывом.

б. При плотинном водозаборе, когда отстойник представляет собой карман, наносы удаляются гидравлическим смывом при помощи промывных устройств.

Тип 2. Многокамерный отстойник с сооружением в конце его.

а. При бесплотинном водозаборе многокамерный отстойник имеет вид нескольких подводных каналов с сооружениями в конце их. Многокамерность дает возможность регулировать мутность путем включения в работу соответствующего числа голов в зависимости от режима мутности и уровня воды в реке. При достаточном перепаде горизонтов воды часть наносов желательно удалять гидравлическим смывом, не прерывая подачи воды.

б. При плотинном водозаборе отложившиеся наносы удаляются путем гидравлических промывок.

Тип 3. Отстойники при бесплотинном водозаборе и наличии устойчивого русла реки. Однокамерный отстойник с сооружением у входа и механи-

Данный тип отстойника устраивается:

- а) с сооружением в конце камер;
- б) с сооружениями на входе и выходе.

При наличии отстойника типа 5б условия регулирования мутности в нем улучшаются, а расходы на смыв наносов ввиду возможности резкого снижения уровней воды в отстойнике при промывке уменьшаются.

Тип 6. Внутрисистемные отстойники с механической очисткой наносов могут быть: а) простейшего типа — однокамерными без сооружений; б) многокамерными с сооружением в конце; в) однокамерными с сооружениями в начале и конце.

В отдельных случаях, при наличии вблизи местных понижений достаточной емкости, внутрисистемные отстойники можно сооружать гидравлически промываемыми (аналогично схемам типа 5).

СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СОДЕРЖАНИЕ ПРОЕКТА

§ 10. Число стадий проектирования отстойников и состав проекта определяются соответствующими инструктивными указаниями.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОТСТОЙНИКА

§ 11. Для выбора наиболее подходящего в рассматриваемых условиях типа отстойника и определения его основных размеров необходимо иметь данные специальных гидрологических исследований водотока (реки или другого источника питания оросительной системы) о колебаниях расходов и горизонтов в период движения наносов; количестве и механическом составе донных и взвешенных наносов в зависимости от времени года и расхода водотока, а также гидрологические характеристики водотока, необходимые для установления величины промывного расхода, если проектируется отстойник с гидравлическим смывом наносов, и гидравлические характеристики нижнего бьефа, т. е. отводящего русла (глубины, скорости, уклоны, шероховатости).

В зависимости от положения отстойника по отношению к водозаборному регулятору (выше или ниже по течению) расчетные горизонты воды в отстойнике принимаются:

а) для отстойника на подводящем канале, расположенного выше водозаборного сооружения, по гидрологическому году, отвечающему расходу расчетной повторяемости данного объекта;

б) для отстойника, расположенного ниже водозаборного сооружения, в соответствии с графиком зависимости $h=f(Q)$ для канала.

Расчет осаждения наносов в отстойнике производится по среднеемноголетнему по мутности и крупности наносов году. После этого проверяется работа запроектированного отстойника по году с максимальной мутностью и крупностью наносов.

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ФРАКЦИОННОМУ АНАЛИЗУ НАНОСОВ

§ 12. Фракционный состав наносов необходимо определять гидравлическим способом (методом пипетки или фракциометром) [1], который дает возможность получить путем непосредственного замера величину гидравлической крупности, не переводя ее при этом к величине диаметра частиц (перевод этот приводит к ошибкам).

К ошибкам приводит и ситовой анализ, ранее применявшийся при определении фракций наносов диаметром крупнее 0,10 мм, так как частицы слюды, имеющие пластинчатую форму, при ситовом анализе

рассматриваются как крупные фракции, а фактически же (по гидравлической крупности) относятся к мелким¹.

Гидравлический фракционный анализ наносов должен проводиться на воде водотока, из которого взяты пробы; при этом следует избегать изменений натурального состояния наносов, т. е. взятую пробу хранить в воде, в которой находились наносы, пробу наносов не высушивать, не растирать, чтобы не нарушить структуры наносов, не допускать значительного отклонения концентрации пробы против действительных концентраций, наблюдаемых в потоке.

§ 13. Гидравлический расчет отстойников на осаждение наносов осуществляется двумя способами:

- а) по кривой распределения состава взвешенных наносов;
- б) по отдельным фракциям.

В первом случае расчет проводят путем разделения состава на четыре фракции, так как рекомендуемая кривая распределения состава наносов имеет три параметра.

Во втором случае состав наносов требуется разбить на семь фракций. Расчет осаждения по фракциям делается в том случае, если не имеется возможности провести расчет осаждения наносов с использованием кривых распределения состава взвешенных наносов.

Обычно рекомендуется применять как наименее трудоемкий расчет с использованием кривой распределения состава наносов.

§ 14 При анализе наносов с разделением на четыре фракции находят по гидравлической крупности следующие фракции (w , мм/сек):

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| 1. $w_{max} > 32$; | 3. $w = 2 \div 0,2$; |
| 2. $w = 32 \div 2$; | 4. $w < 0,2$. |

§ 15. В случае анализа с разделением на семь фракций определяются фракции (w , мм/сек):

- | | |
|------------------------|--------------------------|
| 1. $w_{max} \div 32$; | 5. $w = 2 \div 0,2$; |
| 2. $w = 32 \div 20$; | 6. $w = 0,2 \div 0,02$; |
| 3. $w = 20 \div 12$; | 7. $w < 0,02$. |
| 4. $w = 12 \div 2$; | |

Такая разбивка позволит с достаточной точностью найти минимальную гидравлическую крупность, необходимую для расчета ирригационных отстойников по фракциям.

УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОТСТОЙНИКА

§ 16. В проекте отстойника должны быть разработаны и решены вопросы его эксплуатации и в первую очередь рассмотрен процесс заиливания отстойника.

Для отстойников с механической очисткой необходимо определить количество землесосов, тип их, производительность парка этих механизмов порядок расстановки их в отстойниках, установить продолжительность работы отстойника в сутки и период, отведенный на профилактический ремонт машин.

На основании этих данных должны быть составлены проектные графики эксплуатации отстойника.

¹ На ситах можно проводить анализ наносов с частицами $d \geq 0,5$ мм, при этом должны быть определены и петрографический состав и форма частиц.

Глава II

РАСЧЕТ ОТСТОЙНИКА ПРИ ТУРБУЛЕНТНОМ РЕЖИМЕ ПОТОКА

ЗАДАЧА РАСЧЕТА ОТСТОЙНИКА

§ 17. Задачей расчета ирригационных отстойников с удалением отложившихся наносов механизмами является определение размеров отстойника, расстановка и график работы землесосов по очистке отложений, обеспечивающие наибольшее приближение режима мутности в отстойнике к требуемой степени осветления потока и наиболее эффективное использование механизмов по удалению отложений.

Расчет размеров отстойника включает определение расчетной мутности при входе в отстойник и транспортирующей способности защищаемого отстойником канала, выбор средней скорости потока и глубины воды в отстойнике, нахождение длины его и нагрузки потока наносами на выходе, обеспечивающей незаиляемость защищаемой отстойником сети.

РАСЧЕТНАЯ МУТНОСТЬ ПРИ ВХОДЕ В ОТСТОЙНИК И ЕЕ ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ

§ 18. Расчетная мутность и ее фракционный состав при входе в отстойник определяются по данным многолетних наблюдений ближайшего к водозаборному узлу гидропоста, обычно публикуемым в Ежегодниках гидрометслужбы. По этим данным определяется и сопоставляется с реальными годами среднемноголетний по мутности год.

Расчетная мутность при входе в отстойник и ее фракционный состав (для определения размеров отстойника) принимаются по месяцу с максимальной мутностью среднего многолетнего по мутности реального года. Затем работа отстойника выбранных размеров проверяется для условий максимального по мутности реального года.

ТРАНСПОРТИРУЮЩАЯ (ВЗВЕШИВАЮЩАЯ) СПОСОБНОСТЬ ЗАЩИЩАЕМОГО ОТСТОЙНИКОМ КАНАЛА

§ 19. Наиболее точными являются формулы, определяющие транспортирующую способность потока не как перенос количества наносов в кубометре воды за секунду (q , кг/м³), а как нагрузку потока взвешенными наносами ($\lambda = \delta q w$, кг. м/м³сек) (см. §30), так как одна критическая мутность (степень насыщения потока) не может правильно характеризовать транспортирующую способность потока [2].

В результате исследований, проведенных в САНИИРИ, была выявлена существенная разница в условиях транспорта взвешенных на-

носов большими ($Q > 1 \text{ м}^3/\text{сек}$) каналами и малыми ($Q < 1 \text{ м}^3/\text{сек}$). В условиях малого канала большое значение имеют такие факторы, как зарастание канала, кривизна динамической оси, неоднородность поперечных сечений.

§ 20. Транспортирующая (взвешивающая) способность W защищаемого отстойником канала при расходах $Q > 1 \text{ м}^3/\text{сек}$ определяется по формуле А. Н. Гостунского, И. И. Горошкова

$$\delta \rho \bar{w} = 4080 i^{3/2} R^{1/2} \left(1 - \frac{v_0}{v}\right) A \left(\frac{R}{h_{\text{ср}}}\right)^4. \quad (1)$$

При значении γ_1 , составляющем 2,74 и δ , равном 0,635 (для наносов Аму-Дарьи)

$$\rho \bar{w} = 6420 i^{3/2} R^{1/2} \left(1 - \frac{v_0}{v}\right) A \left(\frac{R}{h_{\text{ср}}}\right)^4, \quad (2)$$

где $A \left(\frac{R}{h_{\text{ср}}}\right)^4$ — параметр, учитывающий размер и форму русла; для каналов с расходом $Q > 4 \text{ м}^3/\text{сек}$ этот параметр равен единице, а для малых каналов ($Q < 4 \text{ м}^3/\text{сек}$) $A = 0,63 Q^{1/3}$.

Множитель $\left(1 - \frac{v_0}{v}\right)$ устанавливает предел возможного переноса наносов данной крупности при определенных минимальных скоростях

$$v_0 = v_1 h^{0,2}; \quad (3)$$

здесь v_1 — скорость, при которой происходит осаждение частиц данной гидравлической крупности w при глубине потока 1 м.

По опытным данным найдено

$$v_1 = 1,20 \bar{w}^{2/3}. \quad (4)$$

Формула Гостунского — Горошкова по сравнению с другими формулами дает большую точность в определении транспортирующей способности потока. Для каналов с $Q > 1 \text{ м}^3/\text{сек}$ средний процент расхождения колеблется в пределах от +5 до -12%; наибольший процент расхождения не превышает 23%.

§ 21. С меньшей точностью ($\pm 20 \div 29\%$) транспортирующую способность ($\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{сек}$) защищаемого канала с $Q > 1 \text{ м}^3/\text{сек}$ можно установить по формуле А. Н. Гостунского¹:

$$\rho \bar{w} = 3200 i^{3/2} h^{1/2}, \quad (5)$$

или

$$\bar{w} = 3200 \frac{n^3 v^3}{h^{1,6}}, \quad (5')$$

где $\bar{w}$ вычисляется по уравнениям (8) и (9).

Коэффициент 3200 в выражении (5) определен при γ_1 , равном 2,74 и $\delta = 0,635$; при γ_1 , составляющем 2,65, коэффициент равен 3300.

§ 22. Расхождение результатов расчета по всем имеющимся формулам транспортирующей способности с данными наблюдений в натуре для малых каналов ($Q < 1 \text{ м}^3/\text{сек}$) большее, чем для крупных ($Q > 1 \text{ м}^3/\text{сек}$), и составляет $\pm 34 \div 48\%$.

¹ Формула (5) А. Н. Гостунского по условиям ее вывода не может применяться для каналов с $Q < 1 \text{ м}^3/\text{сек}$.

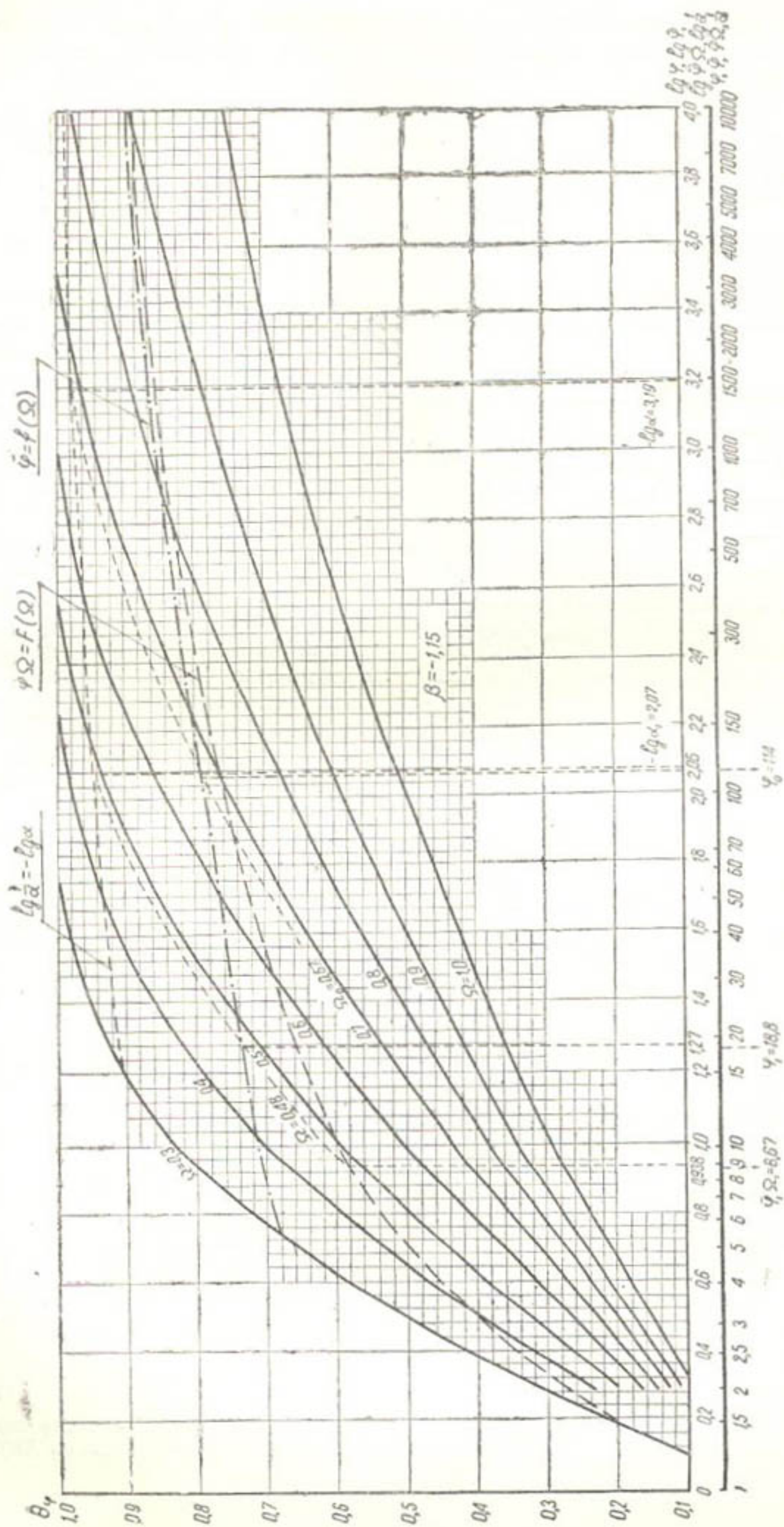


Рис. 2. Параметры функции распределения $\zeta = 0,15 \psi^{-1,15} t^{-0,15}$.

Для выражения транспортирующей способности как нагрузки потока наносами малых каналов рекомендуется применять формулу С. Х. Абальянца

$$\overline{\rho w} = 18 \frac{v^3}{R}; \quad (6)$$

здесь $\overline{w}$ вычисляется по уравнениям (8), (9).

РЕКОМЕНДУЕМЫЙ МЕТОД И ПОРЯДОК РАСЧЕТА ОТСТОЙНИКОВ

§ 23. В данном проекте ТУиНа предлагается производить расчет отстойников на оросительных каналах по кривым распределения состава наносов, предложенным А. Н. Гостунским¹. Этот метод расчета наиболее прост и обеспечивает точность расчета (расхождение результатов расчета с данными наблюдений за работой отстойников в натуральных условиях не превышает 12—15%).

§ 24. Порядок расчета следующий.

а. Для β , равного —1,15, с помощью рис. 2, 3 и табл. 1 находятся минимальная расчетная гидравлическая крупность состава наносов w_1 и параметры Q_0 , α_0 кривой распределения заданного состава наносов при входе в отстойник².

б. Определяется взвешивающая (транспортирующая) способность защищаемых отстойником каналов и допустимая нагрузка потока наносами на выходе из отстойника.

в. Находятся параметры Q_1 и α_1 кривой распределения состава наносов на выходе из отстойника и w_2 и α_2 , соответствующие взвешивающей способности отстойника.

г. По заданной величине нагрузки, мутности на входе в отстойник и ее составу измеряется требуемая длина отстойника.

д. Определяется изменение мутности, ее фракционного состава и толщины слоя отложений по длине отстойника за сутки.

е. Устанавливается режим работы отстойника по расчетному году.

ж. Определяется производительность парка землесосов, тип их и порядок расстановки землесосов в отстойнике с учетом продолжительности работы за сутки, а также время, отведенное на профилактический ремонт.

¹ См. приложение I.

² В приложении 2 даны значения β от —1,05 до —1,30 и соответствующие таблицы; предложены рекомендации по выбору значения β для различных участков Аму-Дарьи.

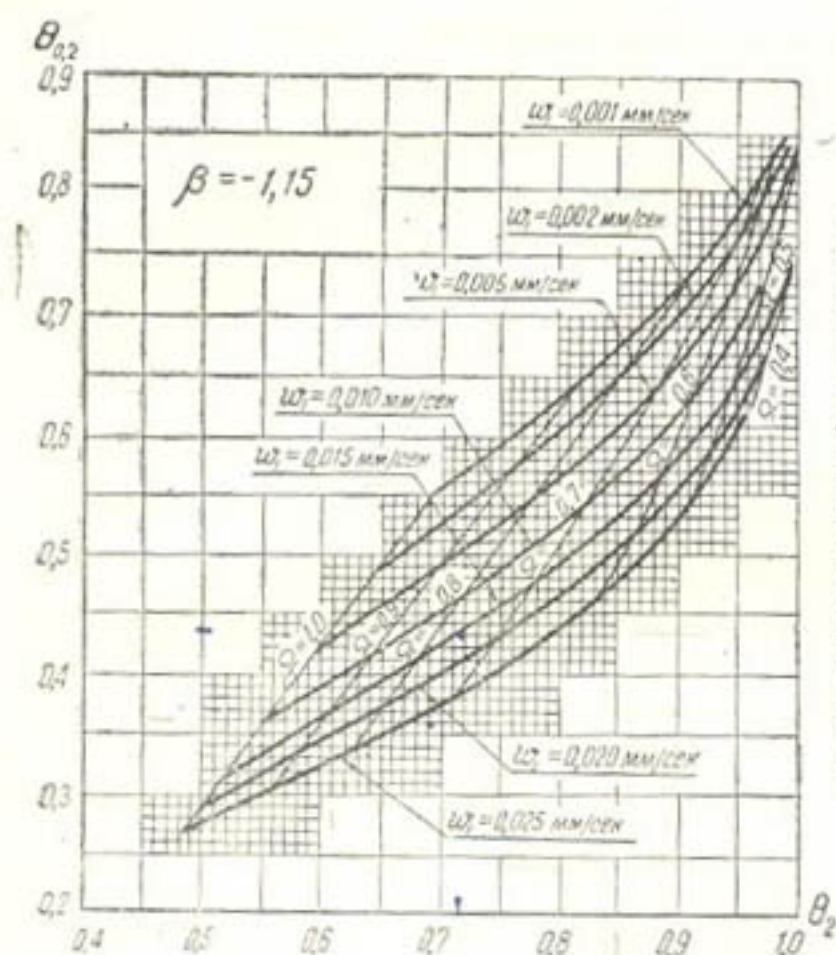


Рис. 3. График для определения параметров w_1 и Q по заданному составу наносов при $\beta = -1,15$.

Зависимость величин α , φ и $\varphi\Omega$ от Ω при $\beta = -1,15$

Ω	$\lg \alpha$	$\alpha \cdot 10^4$	$\lg \frac{1}{\alpha}$	$\frac{1}{\alpha}$	$\frac{e^{-\alpha}}{\Omega} - 1$	$\varphi = \frac{\beta + 1}{\alpha} \times$ $\times \left(\frac{e^{-\alpha}}{\Omega} - 1 \right)$	$\lg \varphi$	$\varphi\Omega$	$\lg \varphi\Omega$
0,90	6,36	0,0115	5,94	871000	0,111	14478	4,161	13030	4,115
0,89	6,26	0,0182	5,74	549500	0,124	10220	4,009	9096	3,959
0,88	6,44	0,0275	5,56	363100	0,136	7418	3,870	6528	3,815
0,87	6,63	0,0427	5,37	234400	0,149	5234	3,719	4554	3,658
0,86	6,78	0,0603	5,22	166000	0,163	4055	3,608	3487	3,542
0,85	6,94	0,0871	5,06	114800	0,176	3031	3,482	2576	3,411
0,84	5,06	0,115	4,94	87100	0,190	2478	3,394	2082	3,318
0,83	5,20	0,158	4,80	63100	0,205	1946	3,289	1615	3,208
0,82	5,33	0,214	4,67	46770	0,220	1542	3,188	1264	3,102
0,81	5,46	0,288	4,54	34670	0,235	1224	3,088	991	2,996
0,80	5,59	0,389	4,41	25700	0,250	964	2,984	771	2,887
0,79	5,71	0,513	4,29	19500	0,266	777	2,890	614	2,788
0,78	5,84	0,692	4,16	14450	0,282	611	2,786	477	2,679
0,77	5,95	0,891	4,05	11220	0,300	506	2,704	390	2,591
0,76	4,36	1,15	3,94	8710	0,312	407	2,610	309	2,490
0,75	4,16	1,45	3,84	6918	0,333	344	2,537	258	2,412
0,74	4,26	1,82	3,74	5495	0,351	290	2,462	215	2,332
0,73	4,35	2,24	3,65	4467	0,372	249	2,396	182	2,260
0,72	4,43	2,69	3,57	3715	0,390	217	2,336	156	2,193
0,71	4,51	3,24	3,49	3090	0,408	189	2,276	134	2,127
0,70	4,59	3,89	3,41	2570	0,430	166	2,220	116	2,064
0,69	4,66	4,57	3,34	2188	0,444	145	2,161	100	2,000
0,68	4,75	5,62	3,25	1778	0,470	126	2,100	85,7	1,933
0,67	4,81	6,46	3,19	1549	0,491	114	2,057	76,4	1,883
0,66	4,89	7,76	3,11	1288	0,514	99,4	1,997	65,6	1,817
0,65	4,96	9,12	3,04	1096	0,537	88,3	1,946	57,4	1,759
0,64	3,03	10,7	2,97	933,3	0,563	78,9	1,897	50,5	1,703
0,63	3,08	12,0	2,92	831,8	0,585	73,1	1,864	46,0	1,663
0,62	3,16	14,5	2,84	691,9	0,610	63,1	1,800	39,1	1,592
0,61	3,21	16,2	2,79	616,6	0,637	57,9	1,763	35,3	1,548
0,60	3,28	19,1	2,72	524,8	0,663	52,1	1,717	31,3	1,496
0,59	3,34	21,9	2,66	457,1	0,690	47,2	1,674	27,8	1,444
0,58	3,40	25,1	2,60	398,1	0,720	43,1	1,634	25,0	1,398
0,57	3,46	28,8	2,54	346,7	0,749	39,0	1,591	22,2	1,346
0,56	3,51	32,4	2,49	309,0	0,780	36,1	1,558	20,2	1,395
0,55	3,56	36,3	2,44	275,4	0,812	33,6	1,526	18,5	1,267
0,54	3,61	40,7	2,39	245,5	0,844	31,1	1,493	16,8	1,225
0,53	3,66	45,7	2,34	218,8	0,882	28,9	1,461	15,3	1,185
0,52	3,72	52,5	2,28	190,5	0,913	26,1	1,417	13,6	1,134
0,51	3,77	58,9	2,23	169,8	0,950	24,2	1,384	12,3	1,090
0,50	3,82	66,1	2,18	151,4	0,987	22,4	1,350	11,2	1,049
0,49	3,87	74,1	2,13	134,9	1,027	20,8	1,318	10,2	1,009
0,48	3,93	85,1	2,07	117,5	1,067	18,8	1,274	9,02	0,955
0,47	3,98	95,5	2,02	104,7	1,10	17,3	1,238	8,13	0,910
0,46	2,02	104,7	1,98	95,5	1,15	16,5	1,217	7,59	0,880

Ω	$\lg \alpha$	$\alpha \cdot 10^4$	$\lg \frac{1}{\alpha}$	$\frac{1}{\alpha}$	$\frac{e^{-\alpha}}{\Omega} - 1$	$\varphi = \frac{\beta + 1}{\alpha} \times$ $\times \left(\frac{e^{-\alpha}}{\Omega} - 1 \right)$	$\lg \varphi$	$\varphi \Omega$	$\lg \varphi \Omega$
0,45	2,08	120,2	1,92	83,2	1,20	15,0	1,176	6,75	0,829
0,44	2,13	134,9	1,87	74,1	1,24	13,8	1,140	6,07	0,783
0,43	2,18	151,4	1,82	66,1	1,29	12,8	1,107	5,50	0,740
0,42	2,23	169,8	1,77	58,9	1,34	11,8	1,072	4,96	0,691
0,41	2,28	190,5	1,72	52,5	1,39	10,9	1,037	4,47	0,654
0,40	2,33	213,8	1,67	46,8	1,45	10,2	1,009	4,08	0,611
0,39	2,38	239,9	1,62	41,7	1,51	9,44	0,975	3,68	0,568
0,38	2,42	263,0	1,58	38,0	1,56	8,90	0,949	3,38	0,531
0,37	2,47	295,1	1,53	33,9	1,62	8,24	0,916	3,05	0,484
0,36	2,51	323,6	1,49	30,9	1,69	7,83	0,894	2,82	0,452
0,35	2,56	363,1	1,44	27,5	1,76	7,27	0,862	2,54	0,407
0,34	2,60	398,1	1,40	25,1	1,83	6,90	0,839	2,35	0,371
0,33	2,65	446,7	1,35	22,4	1,90	6,38	0,805	2,11	0,326
0,32	2,70	501,2	1,30	20,0	1,97	5,90	0,771	1,89	0,279
0,31	2,74	549,5	1,26	18,2	2,05	5,60	0,748	1,74	0,24
0,30	2,78	602,6	1,22	16,6	2,14	5,32	0,726	1,60	0,20
0,29	2,82	660,7	1,18	15,1	2,23	5,06	0,704	1,47	0,17
0,28	2,86	724,4	1,14	13,8	2,32	4,80	0,681	1,34	0,13
0,27	2,90	794,3	1,10	12,6	2,42	4,57	0,660	1,23	0,09
0,26	2,94	871,0	1,06	11,5	2,52	4,34	0,637	1,13	0,05
0,25	2,98	955,0	1,02	10,5	2,64	4,15	0,618	1,04	0,02

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КРИВОЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАДАННОГО СОСТАВА НАНОСОВ ПРИ ВХОДЕ В ОТСТОЙНИК

§ 25. По заданному относительному содержанию наносов гидравлической крупностью w не более $0,2(\theta_{0,2})$ и 2 мм/сек (θ_2) находим минимальную расчетную гидравлическую крупность состава w_1 и объем совокупности Ω_0 , характеризующий заданный состав наносов на входе в отстойник.

Пример. Задано содержание наносов.

При гидравлической крупности $w < 0,2 \text{ мм/сек}$ содержание наносов составляет 56,5%, следовательно, $\theta_{0,2} = 0,565$; при $w = 0,2 \div 2 \text{ мм/сек}$ равно 28,5%; значит, содержание наносов крупностью менее 2 мм/сек будет $56,5 + 28,5 = 85\%$, откуда $\theta_2 = 0,85$.

На рис. 3 в точке пересечения осей ординат ($\theta_{0,2} = 0,565$) и абсцисс ($\theta_2 = 0,85$) находим:

а) по нанесенной жирной кривой w_1 ; равно $0,010 \text{ мм/сек}$, или $0,01 \cdot 10^{-3} \text{ м/сек}$.

б) по тонкой кривой (между Ω , равным 0,60 и 0,70) путем интерполирования Ω_0 , составляет 0,67.

Минимальная расчетная гидравлическая крупность наносов остается неизменной в процессе осаждения наносов.

§ 26. Параметр α_0 кривой распределения состава наносов определяется по графику рис. 2. Спроектировав точку пересечения верхней пунктирной кривой с кривой, соответствующей $\Omega = 0,67$, на верхнюю горизонтальную шкалу абсцисс, получим

$$\lg \frac{1}{\alpha_0} = -\lg \alpha_0 = 3,19,$$

откуда

$$\lg \alpha_0 = \overline{4,81}.$$

Следовательно

$$\alpha_0 = 6,46 \cdot 10^{-4}.$$

Безразмерную ординату кривой распределения состава наносов (1) при входе в отстойник можно представить в виде

$$\zeta = 0,15 \varphi^{-1,15} e^{-0,000646 \varphi}.$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ КРУПНОСТИ СОСТАВА НАНОСОВ

§ 27. Средняя гидравлическая крупность состава наносов $\bar{w}$ может определяться двумя способами: по кривым распределения (§ 28) или по фракциям (§ 29).

§ 28. При анализе наносов с разделением на четыре фракции определение производится по кривым распределения

$$\bar{w}_0 = w_0 \bar{\varphi}_0 \quad (7)$$

$\bar{\varphi}_0$ находится из рис. 2 путем проектирования точки пересечения средней пунктирной кривой с кривой, соответствующей $\Omega = 0,67$, на верхнюю ось абсцисс. При этом получаем $\lg \bar{\varphi}_0$, равный 2,06. Следовательно, $\bar{\varphi}_0 = 114$ и $w_0 = 0,01 \cdot 10^{-3} \cdot 114 = 1,14 \cdot 10^{-3}$ м/сек.

Величины $\bar{\varphi}_0$ и α_0 можно определить также непосредственно по табл. 1, взяв в строке, соответствующей $\Omega = 0,67$, данные из вертикальных граф: 3-й — $\alpha_0 = 6,46 \cdot 10^{-4}$ и 7-й — $\bar{\varphi}_0 = 114$.

Величина α_0 необходима для определения длины отстойника и степени осветления потока в нем.

§ 29. При анализе наносов с разделением не менее чем на шесть фракций средняя гидравлическая крупность состава наносов $\bar{w}$ определяется по формуле

$$\bar{w} = \frac{\sum \bar{w}_k p_k}{\sum p_k}, \quad (8)$$

где p_k — процентное содержание фракции в составе наносов;

$\bar{w}_k$ — средняя гидравлическая крупность рассматриваемой фракции (м/сек), определяемая по формуле А. Н. Гостунского

$$\bar{w}_k = \frac{3w_n + w_{n+1}}{4}; \quad (9)$$

здесь w_n и w_{n+1} — минимальное и максимальное значения гидравлической крупности рассматриваемой фракции.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ ПОТОКА НАНОСАМИ

§ 30. Нагрузка потока λ (кг/м²сек) определяется по формуле

$$\lambda = \delta \rho \bar{w}. \quad (10)$$

При $\gamma_1 = 2,74$ и $\gamma = 1,0$ δ составляет 0,635; при $\gamma_1 = 2,65$ и $\gamma = 1,0$ δ равно 0,623.

§ 31. Для обеспечения незаиляемости защищаемого отстойником канала необходимо, чтобы нагрузка потока наносами $\lambda_1 = \delta \rho_1 \bar{w}$, выхо-

дящими из отстойника, равнялась транспортирующей (взвешивающей) способности W канала с учетом к. п. д. (η) водного тракта от канала до выхода из отстойника, т. е. чтобы соблюдалось равенство

$$\lambda_1 = \eta W.$$

Пример. При η , равном 0,8, и определенной величине транспортирующей (взвешивающей) способности защищаемого канала ($W = 0,514 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^2\text{сек}$) нагрузка потока наносами по выходе из отстойника составляет $0,8 \cdot 0,514 \cdot 10^{-3} = 0,411 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^2\text{сек}$.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ РАЗМЕРОВ ОТСТОЙНИКА

§ 32. Основные размеры отстойника (рабочая ширина, глубина и длина) находят технико-экономическим сравнением вариантов с различной шириной отстойника, средней скоростью течения в нем и требуемой (для заданной степени осветления потока) длиной отстойника.

§ 33. Ширину однокамерного отстойника при очистке его землесосами желательно назначить равной одной или двум ширинам захвата при свайном или двухтросовом папильонаже.

Ниже для этого случая рекомендуется ширина однокамерных отстойников в зависимости от типа землесосов, применяемых для их очистки.

Тип землесосов	Ширина отстойника по дну при сбросе пульпы, м	
	на один берег	на оба берега
8 ПЗУ ВНИИГиМ	30	60
8 ПЗУ Потн	20	40
8 ПЗУ ТМИР	20	40
8 ПЗУ ТуркмРЭС	20	40
ПКГ-300	50	100
„Сормовец“	50	100

Ширина одной камеры в двухкамерном отстойнике с механизированной очисткой берется из расчета сбрасывания пульпы на один берег. При крупных отстойниках с применением землесосов ПКГ-300 и „Сормовец“ ширина отстойника по дну может превышать 50 м вследствие наращивания сбросного пульповода.

§ 34. Для выявления выгодных размеров отстойника, защищающего от заиления типовые межхозяйственные распределители с расходом $Q = 1 \text{ м}^3/\text{сек}$, средней скоростью течения $v = 0,30 \text{ м/сек}$ и гидравлическим радиусом $R = 0,60 \text{ м}$, определены для ориентировки длина отстойника и объемы работ по сооружению отстойников с расходами $Q = 5, 10, 15, 25, 37,5, 50$ и $75 \text{ м}^3/\text{сек}$ при глубине воды в них $h = 2, 3, 4$ и 5 м и скорости течения $v = 0,20, 0,30$ и $0,40 \text{ м/сек}$.

Подсчеты произведены для типичных условий отстойника в выемке и насыпи при соотношении высоты дамб к глубине выемки от 0,4:1 до 0,77:1.

Как видно из рис. 4, при средней скорости v , равной 0,20 и 0,30 м/сек в отстойнике, с увеличением глубины и скорости воды увеличивается длина отстойника; при средней скорости 0,40 м/сек (для условий защиты указанного типового межхозяйственного распределителя) минимальная длина отстойника наблюдается при глубине воды $h = 2,5 \text{ м}$.

§ 35. Сопоставление объемов строительных работ для отстойников разной крупности (рис. 5) показывает, что скорость потока

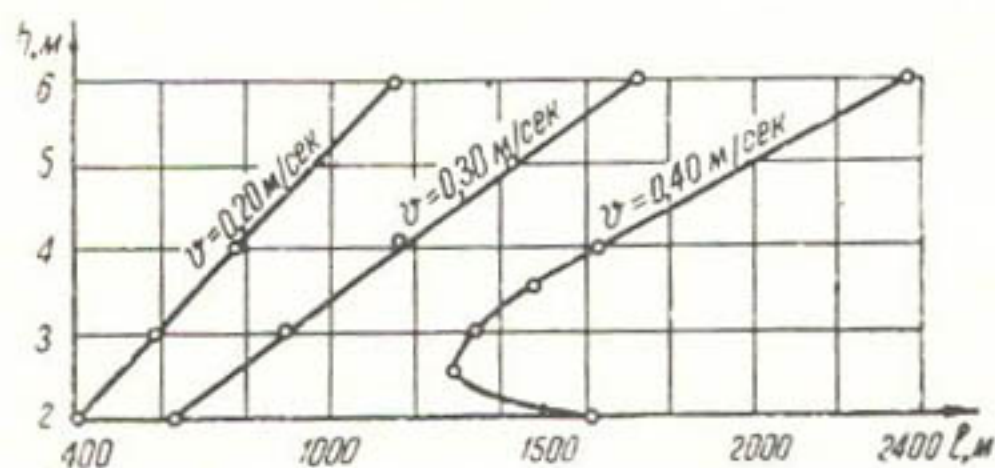


Рис. 4. Кривые зависимости длины отстойника от глубины и средней скорости течения (состав наносов по данным наблюдений ст. Чатлы, июль 1948 г.).

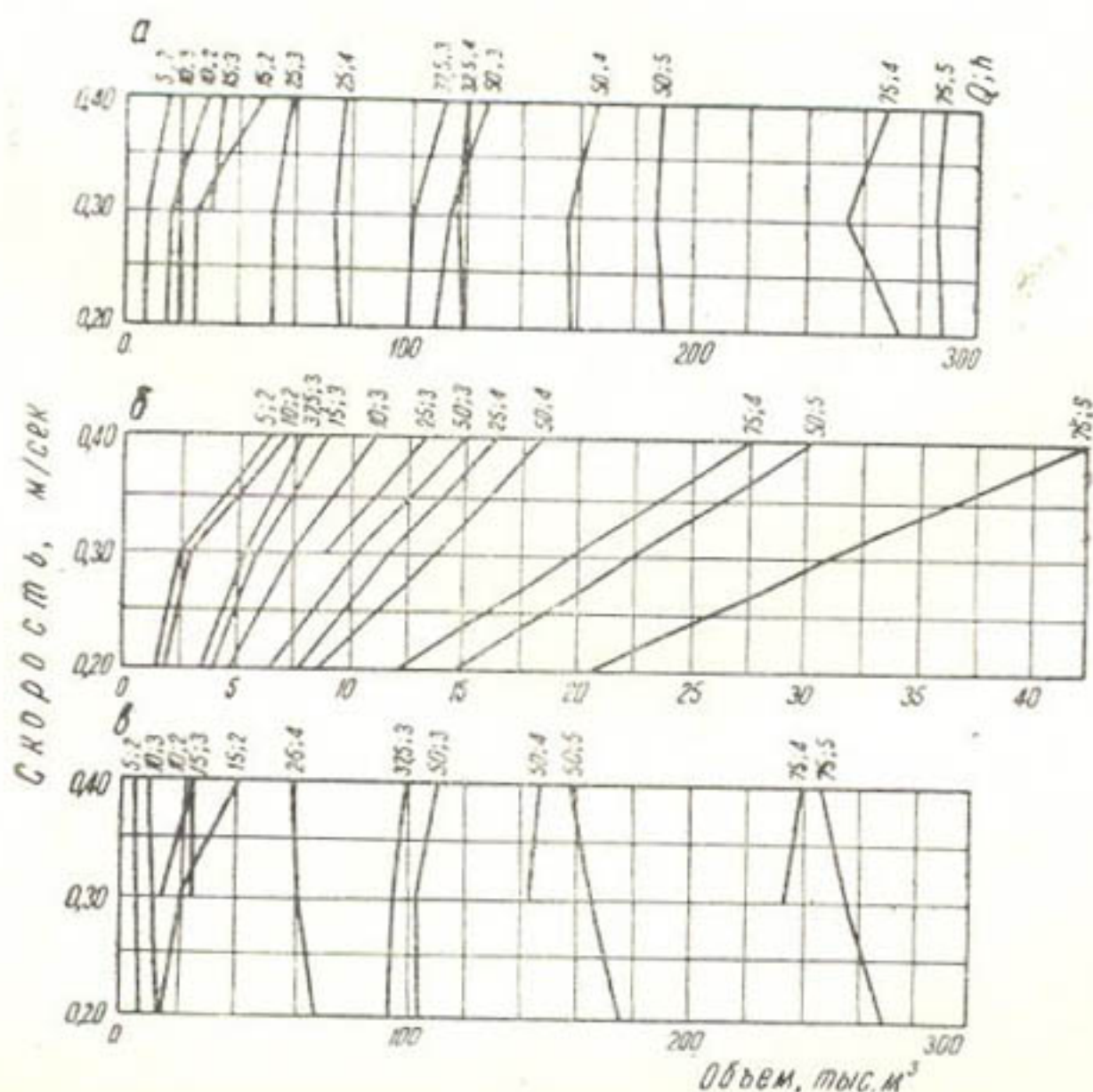


Рис. 5. Сопоставление объемов земляных работ при строительстве отстойников различных размеров в зависимости от скорости течения и глубины наполнения $V = f(Q, h, v)$:

а, б, в — объемы выемки, дамб и грунта, удаляемого в отвал, соответственно.

влияет на размеры отстойника ($v = 0,20, 0,30, 0,40$ м/сек) в меньшей степени, чем глубина его.

Так, для крупных отстойников ($Q \geq 50$ м³/сек) влияние скорости и глубины потока на объем выемки можно представить в виде соотношения, предлагаемого в табл. 2 (объемы, соответствующие скорости $v = 0,30$ м/сек и глубине $h = 4$ м, приняты за 1).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ Ω_1 и α_1 КРИВОЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА
НАНОСОВ НА ВЫХОДЕ ИЗ ОТСТОЙНИКА и $\Omega \sim \alpha$, СООТВЕТСТВУЮЩИХ
ВЗВЕШИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОТСТОЙНИКА

§ 36. Объем совокупности состава наносов на выходе из отстой-
ника Ω_1 определяется по формуле (30) (см. приложение 1)

$$\bar{\varphi}_1 \Omega_1 = \frac{\Omega_0 \lambda_1}{\bar{\rho}_0 w_1}.$$

Таблица 2

Влияние скорости и глубины потока на объем выемки

Расход, $\text{м}^3/\text{сек}$	Глубина по- тока, м	Объем выемки, тыс. м^3 (числитель) и соотношение объемов (знамена- тель) при скорости ($\text{м}/\text{сек}$)		
		0,20	0,30	0,40

Влияние скорости потока на объем выемки*

75	4	$\frac{273,1}{1,071}$	$\frac{254,8}{1}$	$\frac{267,4}{1,050}$
		$\frac{288,1}{1,005}$	$\frac{286,7}{1}$	$\frac{289,0}{1,008}$
50	3	$\frac{111,4}{0,977}$	$\frac{114,0}{1}$	$\frac{1,260}{1,105}$
	4	$\frac{155,0}{0,982}$	$\frac{157,8}{1}$	$\frac{164,8}{1,045}$
	5	$\frac{190,1}{1,001}$	$\frac{188}{1}$	$\frac{188,7}{1,004}$

Влияние глубины потока на соотношение объемов
выемки **

75	4	$\frac{1}{1,055}$	$\frac{1}{1,125}$	$\frac{1}{1,081}$
	5	$\frac{0,719}{1}$	$\frac{0,722}{1}$	$\frac{0,765}{1}$
50	4	$\frac{1}{1,226}$	$\frac{1}{1,191}$	$\frac{1}{1,145}$
	5	$\frac{1,226}{1}$	$\frac{1,191}{1}$	$\frac{1,145}{1}$

* Объем выемки в зависимости от скорости потока из-
меняется при $Q=75 \text{ м}^3/\text{сек}$ от 0,5 до 7,1 %, при $Q=50$ — от
2,3 до +10,5 %.

** Изменение соотношений объемов выемки в зависи-
мости от глубины потока при $Q=75$ составляет 5,5—12,5 %,
при $Q=50$ 14,5—22,6 %.

Затем по значению $\lg \bar{\varphi}_1 \Omega_1$, нанесенному на верхней шкале абсцисс
(см. рис. 2), путем восстановления перпендикуляра до нижней пунк-
тирной кривой, выражающей зависимость $\bar{\varphi} \Omega = F(\Omega)$, находим Ω_1 .
Продолжив найденную кривую Ω_1 до пересечения со средней пунк-
тирной кривой, выражающей зависимость $\bar{\varphi} = f(\Omega)$, и спроектировав
эту точку на верхнюю ось абсцисс, получим $\lg \bar{\varphi}_1$.

Пример:

$$\bar{\varphi}_1 \Omega_1 = \frac{0,411 \cdot 10^{-3} \cdot 0,67}{0,635 \cdot 5 \cdot 0,01 \cdot 10^{-3}} = 8,67;$$

$$\lg \bar{\varphi}_1 \Omega_1 = 0,938.$$

Точку пересечения ординаты $\lg \bar{\varphi}_1 \Omega_1 = 0,938$ с нижней пунктирной кривой находим между кривыми $\Omega = 0,40$ и $\Omega = 0,50$. Интерполируя эти значения, получаем $\Omega_1 = 0,48$. Продолжая затем кривую $\Omega_1 = 0,48$ до пересечения со средней пунктирной кривой, находим $\lg \bar{\varphi}_1 = 1,27$, или $\bar{\varphi}_1 = 18,8$.

§ 37. Параметр α_1 кривой распределения состава наносов на выходе из отстойника можно найти по точке пересечения верхней пунктирной кривой $\lg \frac{1}{\alpha} = -\lg \alpha$ с кривой $\Omega_1 = 0,48$, согласно аналогичному примеру расчета, приведенному в § 26.

Пример:

$$\lg \frac{1}{\alpha_1} = -\lg \alpha_1 = 2,07,$$

откуда $\lg \alpha_1 = 3,93$ и, следовательно, $\alpha_1 = 85,1 \cdot 10^{-4}$.

§ 38. Значения величин Ω , α и φ определяют по графику рис. 2 (§ 25, 26, 28) или интерполяцией данных табл. 1.

Пример. После определения величины $\lg \bar{\varphi}_1 \Omega_1 = 0,938$ (см. § 36) по табл. 1 (графа 10) путем интерполяции данных, относящихся к $\Omega_1 = 0,47$ и $\Omega_1 = 0,48$, получаем искомую величину $\Omega_1 = 0,476$.

Величины α_1 и $\bar{\varphi}_1$, соответствующие $\Omega_1 = 0,476$, находим интерполяцией данных, помещенных в графах 3 и 7 (табл. 1):

$$\alpha_1 = 89,3 \cdot 10^{-4}; \quad \bar{\varphi}_1 = 18,2.$$

Расхождение отсчетов, полученных по рис. 2, с данными табл. 1 составляет для Ω_1 0,9%; α_1 — 4,7; $\bar{\varphi}_1$ — 5,5, т. е. расхождение при определении этих величин не превышает 10%.

§ 39. Взвешивающая способность отстойника определяется по формуле Гостунского

$$\frac{\lambda_{\sim}}{\delta} = \rho_{\sim} \bar{w}_{\sim} = 0,025 \frac{v^3}{h^{1,6}} \quad (\text{при } n = 0,020).$$

Пример. При глубине воды в отстойнике 4 м и средней скорости течения 0,40 м/сек имеем

$$\rho_{\sim} \bar{w}_{\sim} = 0,025 \cdot \frac{0,4^3}{4^{1,6}} = 1,74 \cdot 10^{-4} \text{ кг/м}^2 \text{ сек.}$$

§ 40. Для определения параметра $\Omega_{\sim}$ кривой распределения состава наносов, соответствующего взвешивающей способности отстойника, находим величину $\bar{\varphi}_{\sim} \Omega_{\sim}$; при этом исходим из указанных в § 39 значений $\rho_{\sim} \bar{w}_{\sim}$ и зависимостей

$$\rho_{\sim} = \rho_0 \frac{\Omega_{\sim}}{\Omega_0}, \quad \bar{w}_{\sim} = w_1 \bar{\varphi}_{\sim},$$

$$\bar{\varphi}_{\sim} \Omega_{\sim} = \frac{\rho_{\sim} \bar{w}_{\sim} \Omega_0}{\rho_0 w_1}.$$

Затем по полученному значению $\varphi_{\sim} \Omega_{\sim}$ интерполяцией данных табл. 1 определяем величину $\Omega_{\sim}$ или с помощью графика рис. 2 по $\lg \bar{\varphi}_{\sim} \Omega_{\sim}$ в точке пересечения оси ординат $\lg \bar{\varphi}_{\sim} \Omega_{\sim}$ с нижней пунктирной кривой находим соответствующее значение $\Omega_{\sim}$.

Пример. Дано:

$$\rho_0 = 5 \text{ кг/м}^3;$$

$$\Omega_0 = 0,67;$$

$$w_1 = 0,01 \cdot 10^{-3} \text{ м/сек};$$

$$\rho_{\sim} \bar{w}_{\sim} = 1,74 \cdot 10^{-4} \text{ кг/м}^2 \text{сек (см. § 39);}$$

$$\bar{\varphi}_{\sim} \Omega_{\sim} = \frac{\rho_{\sim} \bar{w}_{\sim} \Omega_0}{\rho_0 w_1} = \frac{1,74 \cdot 10^{-4} \cdot 0,67}{5 \cdot 0,01 \cdot 10^{-3}} = 2,34.$$

В табл. 1 (см. графу 9) значение $\varphi_{\sim} \Omega_{\sim}$ близко к $\Omega = 0,34$. Поэтому принимаем, что $\Omega_{\sim} = 0,34$.

§ 41. Значение параметра $\alpha_{\sim}$, соответствующее приведенному в § 40 значению $\Omega_{\sim}$, находим в графе 3 табл. 1 или на рис. 2 в точке пересечения кривой $\Omega_{\sim}$ с верхней пунктирной кривой $\lg \frac{1}{\alpha} = -\lg \alpha$ (см. § 26).

Пример. По данным табл. 1 для $\Omega_{\sim} = 0,34$ определяем

$$\alpha_{\sim} = 398 \cdot 10^{-4}.$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБУЕМОЙ ДЛИНЫ ОТСТОЙНИКА

§ 42. Длину отстойника по найденным значениям α_0 (§ 26), α_1 (§ 37) и $\alpha_{\sim}$ (§ 41) можно найти согласно формуле (11) (см. приложение 1)

$$l = \frac{\alpha q}{w_1},$$

где

$$\alpha = -\frac{\alpha_0 + \alpha_{\sim}}{2} + \sqrt{\left(\frac{\alpha_0 + \alpha_{\sim}}{2}\right)^2 + \alpha_{\sim} \left(\alpha_1 \frac{\alpha_{\sim} - \alpha_0}{\alpha_{\sim} - \alpha_1} - \alpha_0\right)}$$

(см. уравнение (35) приложения 1).

Пример. Дано: $q = v h = 0,4 \cdot 4 = 1,6 \text{ м}^3/\text{сек} \cdot \text{м};$

$$\alpha_0 = 6,46 \cdot 10^{-4};$$

$$\alpha_1 = 85,1 \cdot 10^{-4};$$

$$\alpha_{\sim} = 398,3 \cdot 10^{-4};$$

$$w_1 = 0,1 \cdot 10^{-4} \text{ м/сек}$$

Определяем α :

$$10^4 \alpha = \frac{-6,46 + 398}{2} + \sqrt{\frac{(6,46 + 398)^2}{2} + 398 \left(85,1 \frac{398 - 6,46}{398 - 85,1} - 6,46\right)} = 81,8$$

$$\alpha = 81,8 \cdot 10^{-4}.$$

Требуемая длина отстойника составляет

$$l = \frac{\alpha q}{w_1} = \frac{81,8 \cdot 10^{-4} \cdot 1,6}{0,1 \cdot 10^{-4}} = 1309 \text{ м.}$$

Итак, длину отстойника примем равной 1310 м.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МУТНОСТИ, ЕЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА И ТОЛЩИНЫ СЛОЯ ОТЛОЖЕНИЙ ПО ДЛИНЕ ОТСТОЙНИКА

§ 43. Изменение мутности, ее фракционный состав и толщина слоя отложений по длине отстойника определяются по указанной выше методике для отдельных участков отстойника (табл. 3).

Таблица 3

Изменение мутности, ее фракционного состава и объема отложений по длине отстойника

Гидрологические характеристики	Расстояние, м								
	0	200	400	600	800	1000	1200	1300	1400
$\alpha \cdot 10^4$	—	12,5	25,0	37,5	50,0	62,5	75,0	81,25	87,5
$\alpha_1 \cdot 10^4$	6,46	18,9	31,3	43,5	55,6	67,4	78,2	84,6	90,3
Ω	0,670	0,628	0,580	0,547	0,554	0,505	0,489	0,484	0,478
Ω_1	0,670	0,601	0,563	0,534	0,515	0,498	0,436	0,480	0,475
$\omega = \frac{\Omega_1}{\Omega_0}$	1	0,897	0,840	0,794	0,769	0,743	0,725	0,716	0,709
Количество осевших наносов P на длине l , %	—	10,3	16,0	20,3	23,1	25,7	27,5	28,4	29,1
Мутность на створе ρ , кг/м ³	5,0	4,48	4,20	3,99	3,84	3,72	3,62	3,58	3,54
Относительная средняя крупность $\bar{\varphi}$	114	52,7	37,0	29,8	25,2	22,1	20,0	18,8	18,0
Средняя гидравлическая крупность $w \cdot 10^3$ м/сек	1,14	0,527	0,37	0,298	0,252	0,221	0,200	0,188	0,180
$\lambda = \rho w \cdot 10^3$, кг/м ² сек	3,62	1,50	0,99	0,76	0,615	0,522	0,510	0,427	0,405
Объем отложений за сутки на участке, м ³	—	71,9	38,7	29,0	20,7	16,6	13,8	5,5	5,5
Средняя толщина слоя отложений, м	—	0,36	0,19	0,14	0,10	0,083	0,07	0,06	0,05

Пример. Для отстойника длиной 1310 м рассмотрим последовательно семь сечений, находящихся на расстоянии 200, 400, 600, 800, 1000, 1200 и 1310 м от входа. Мутность при входе составляет $\rho_0 = 5$ кг/м³; расходы воды (q) на 1 м — 1,6 м³/сек·м (см. § 42); характеристики наносов следующие:

$$\begin{aligned} \Omega_0 &= 0,670; & \bar{\varphi}_0 &= 114; \\ \alpha_0 &= 6,46 \cdot 10^{-4}; & \bar{w}_0 &= 11,4 \cdot 10^{-4}; \\ w_1 &= 0,1 \cdot 10^{-4}; & \lambda_0 &= 3,62 \cdot 10^{-3}. \end{aligned}$$

Дадим пояснения к табл. 3.

Строка 1 — величина α для указанных выше сечений определяется по формуле $\alpha = \frac{w_1 l}{q}$.

При l , равном 200 м, $\alpha = \frac{0,01 \cdot 10^{-8} \cdot 200}{1,6} = 12,5 \cdot 10^{-4}$.

Строка 2 — α_1 находится из уравнения (34, приложения 1)

$$\frac{1}{\alpha_1} = \frac{1}{\alpha_{\sim}} + \frac{1}{\alpha_0 + \alpha} - \frac{1}{\alpha_{\sim} + \alpha}.$$

Строка 3 и 4 — Ω и Ω_1 вычисляются на основании данных табл. 1 (графа 1) и полученных значений α и α_1 .

Строка 5 — освещение потока определяется из выражения $\omega = \frac{\Omega_1}{\Omega_0}$.

Строка 6 — количество осевших наносов устанавливается по формуле

$$\rho = (1 - \omega) \cdot 10^4.$$

Строка 7 — для определения мутности потока в рассматриваемом сечении применяется уравнение $\rho = \omega \rho_0$.

Строка 8 — средняя относительная крупность состава наносов $\bar{\varphi}$ для Ω_1 в рассматриваемом сечении определяется по данным табл. 1 (графа 1 и 7).

Строка 9 — средняя гидравлическая крупность состава взвешенных наносов в рассматриваемом сечении вычисляется из равенства $\bar{w} = w_1 \bar{\varphi}$.

Строка 10 — нагрузка потока от взвешенных наносов в рассматриваемом сечении находится по уравнению: $\lambda = \delta \rho \bar{w}$.

Строка 11 — объем V отложений за сутки на рассматриваемом участке устанавливается с учетом веса P , равного

$$P = (\rho_k - \rho_{k+1}) q \cdot 86400 = (\rho_k - \rho_{k+1}) \cdot 1,6 \cdot 86400 = 138240 (\rho_k - \rho_{k+1}).$$

Например, на первом участке длиной 200 м может отложиться наносов в количестве 138240 (5,0—4,48), т. е. 71884,8 кг.

Принимая вес 1 м³ свежееотложившихся наносов равным 1000 кг, получим $V = 71,9$ м³.

Строка 12 — средняя толщина слоя отложений на участке длиной 200 м равна

$$\Delta = \frac{71,9}{200} = 0,36 \text{ м.}$$

Необходимо иметь в виду, что данные, помещенные в табл. 3, найдены для 1 пог. м ширины отстойника.

Для определения объема заилнения отстойника ($V_{\text{заи. отст}}$) по всей ширине его необходимо полученную величину V умножить на среднюю ширину в данном сечении:

$$V_{\text{заи. отст}} = V \frac{B+b}{2},$$

где B — ширина отстойника по поверхности воды, м;

b — ширина отстойника по дну, м.

Глава III

ГОДОВОЙ РЕЖИМ РАБОТЫ ОТСТОЙНИКА С МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ОЧИСТКОЙ

§ 44. При определении необходимого объема отстойника требуется учитывать аккумулярующий наносы объем, который зависит от мощности механизмов¹, предназначенных для очистки.

§ 45. Установив необходимые размеры отстойника, производят анализ его годовой работы по месяцам и вычисляют месячные объемы очистки для определения мощности парка землесосов и график работы по очистке отстойника (табл. 4).

Для примера приведен подсчет объема заиления для отстойника (в период I—IX, далее отстойник из работы выключается) длиной 1300 м, шириной по дну 30 м, с заложением откосов 1,5:1. Перед закрытием на зимний период отстойник очищают от наносов до проектных отметок. Работа землесосов учитывается с начала очистки (в приведенном примере — с января). Расчет ведется по среднемесячным данным.

Дадим пояснения к табл. 5. В графе 2, 3 и 4 помещены данные о мутности, расходах воды, а также указана отметка горизонта для расчетного года; в графе 5 дана глубина, определяемая как разность отметок горизонта воды и проектного дна. Считая, что отстойник очищен полностью от наносов, можно произвести дальнейший расчет для предварительного выяснения объема отложений в течение года, а также для определения как мощности парка земснарядов, так и графика его работы (первая стадия расчета).

Для рационального использования мощности парка землесосов в периоды максимальной мутности обычно не добирают часть осевших наносов с тем, чтобы удалить их в дальнейшем в периоды меньшей мутности в реке. В этом случае проводят вторую стадию расчета. В графе 5 табл. 5 приведены данные о глубине воды с учетом оставшихся в отстойнике на начало каждого следующего месяца наносов. Расчет осаждения выполнен по фактической глубине воды. Чтобы заполнить графы 6 и 7 табл. 4, предварительно строят графики зависимостей скорости v и площади живого сечения F от глубины воды h . В графе 8 указан погонный расход q , определяемый по формуле

$$q = \frac{Q}{B_{\text{ср}}},$$

где $B_{\text{ср}} = b + mh$, или $B_{\text{ср}} + \frac{B+b}{2}$ (b — ширина по дну).

¹ При недогрузке механизмы могут быть использованы для улучшения подходов к отстойнику, а также условий отвода пульпы в реке.

Графы 9 и 10 заполнены с учетом данных анализов среднемесячного фракционного состава наносов. В графах 11 и 12 приведены цифровые показатели минимальной расчетной гидравлической круп-

Таблица 4

Определение объемов заиления и очистки отстойников за расчетный год

Месяц	Средне- месячная мутность, кг/м ³	Средне- месячный расход воды, м ³ /сек	Отметка горизон- та воды, м	Глубина до проект- ного дна, м	Пло- щадь живо- го се- чения, м ²	Сред- няя ско- рость, м/сек v	По- гон- ный рас- ход м ³ /сек q	$\theta_{0,2}$, %	θ_2 , %	$w_1 \cdot 10^3$, м/сек
I	0,87	20,2	111,4	3,4	119	0,17	0,58	57,1	87,6	0,013
II	0,87	20,2	111,4	3,4	119	0,17	0,53	57,1	87,6	0,013
III	0,80	24,4	112,2	3,2	111	0,22	0,75	58,5	87,2	0,010
IV	1,12	29,8	114,4	3,4	119	0,25	0,86	52,8	75,5	0,005
V	4,20	57,6	112,0	4,0	144	0,40	1,6	67,1	93,0	0,008
VI	2,70	57,6	112,0	4,0	144	0,40	1,6	63,9	89,8	0,006
VII	4,45	57,6	112,0	4,0	144	0,40	1,6	58,3	94,5	0,027
VIII	3,68	57,6	112,0	4,0	144	0,40	1,6	55,8	90,8	0,021
IX	2,37	57,8	112,0	4,0	144	0,40	1,6	55,3	89,7	0,019
X	1,35	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XI	1,12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XII	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Месяц	Ω_0	$\alpha_0 \cdot 10^4$	$\bar{w}_0 \cdot 10^3$, м/сек	$\lambda_0 \cdot 10^3$, кг·м ² /сек	Объем по- ступивших наносов, тыс. м ³		Количество осажденных взвешенных наносов, %	Объем отложений, тыс. м ³		
					взве- шен- ных	дон- ных		взве- шен- ных	дон- ных	всего
I	0,630	12,0	0,95	0,52	39,2	—	25	9,8	—	9,8
II	0,630	12,0	0,95	0,52	24,0	—	25	8,5	—	8,5
III	0,660	7,76	0,99	0,50	41,8	4,2	25	10,4	4,2	14,6
IV	0,830	0,158	9,78	6,92	69,2	6,9	25	22,8	6,9	29,7
V	0,600	19,1	0,42	1,12	518	51,8	33	99,5	51,8	151,3
VI	0,660	7,76	0,60	1,02	323	32,3	19,2	66,2	32,3	98,5
VII	0,450	120,2	0,405	1,05	549	54,9	20,5	112,0	54,9	166,9
VIII	0,540	40,7	0,65	1,53	454	45,4	20,4	113,5	195,4	158,9
IX	0,560	32,4	0,69	1,04	283	28,3	25	70,2	28,3	98,3
X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XI	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XII	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Всего					2311,2	223,8	24,8	512,7	223,8	736,5
					2535					29%

ности состава наносов w_1 и объема совокупности Ω_0 , определяемые по рис. 3 (см. § 25). Графа 13 берется из табл. 1, где дана зависимость $\Omega = f(\alpha)$ (см. графы 1 и 3 табл. 1).

В графе 14 указана средняя гидравлическая крупность состава наносов, определяемая по формуле $\bar{w}_0 = w_1 \bar{\varphi}$ (см. § 28). В графе 15 дана нагрузка потока наносами (§ 30 и 31)

$$\lambda_0 = 0,635 \rho_0 \bar{w}_0.$$

В графе 16 приведен объем поступивших в отстойник взвешенных наносов V , вычисляемый по формуле

$$V = \frac{\rho_0 Q t}{\gamma_{отл} \cdot 1000} \text{ м}^3;$$

здесь $\gamma_{отл}$ — объемный вес отложений, равный $1,25 \text{ т/м}^3$.

В графе 17 дан объем донных наносов (по данным наблюдений в Южном Хорезме он колеблется в пределах 8—14%; в нашем примере принят равным 10%). В графе 18 указан процент осаждения наносов, установленный в результате расчета, аналогичного приведенному в табл. 4, а в графах 19 и 21 — объем отложившихся в отстойнике наносов, найденный на основании данных граф 16 и 18, а также суммарный объем отложений в отстойнике, определенный как сумма данных граф 19 и 20.

При определении объема отложений донных наносов принимается весь объем поступающих в отстойник наносов (графа 20).

§ 46. На основании полученного суммарного объема заиления для расчетного года, а также категории грунта отложений тип земснаряда и требуемое число снарядов выбираются согласно Временной инструкции по очистке каналов от наносов [3].

§ 47. Руководствуясь данным в табл. 5 распределением объема отложений можно составить график работы парка земснарядов с учетом фактической глубины воды в отстойнике.

Глава IV

ПРИМЕР РАСЧЕТА ИРРИГАЦИОННОГО ОТСТОЙНИКА

Требуется спроектировать отстойник для защиты от заиления канала, характеризующегося следующими гидравлическими элементами:

расход воды $Q = 1 \text{ м}^3/\text{сек}$;

средняя скорость $v = 0,3 \text{ м/сек}$;

гидравлический радиус $R = 0,6 \text{ м}$;

к. п. д. тракта от защищаемого канала до отстойника $\eta = 0,8$;

мутность на входе в отстойник $\rho_0 = 5 \text{ кг/м}^3$.

Фракционный состав этой мутности дан в табл. 5.

Таблица 5

Фракционный состав наносов на входе в отстойник

Фракционный состав наносов	Гидравлическая крупность, мм/сек				
	$<0,2$	$0,2-2$	$2-12$	$12-20$	$20-32$
Относительная крупность $\varphi = \frac{w_k}{w_1} = \frac{\omega_k}{0,01}$	<20	$20-200$	$200-1200$	$1200-2000$	$2000-3200$
$\lg \varphi$	$<1,3$	$1,3-2,3$	$2,3-3,1$	$3,1-3,3$	$3,3-3,5$
Содержание фракции $P_k, \%$	56,5	28,5	11,0	2,0	2,0
Относительное содержание фракции θ_k	0,565	0,85	0,96	0,98	1,0

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ Ω_0 И α_0 КРИВОЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА НАНОСОВ, ИХ МИНИМАЛЬНОЙ w_1 И СРЕДНЕЙ $\bar{w}$ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ КРУПНОСТИ

По рис. 3 для $\theta_{0,2} = 0,565$ и $\theta_2 = 0,85$ в точке пересечения осей ординат $\theta_{0,2} = 0,565$ и абсцисс $\theta_2 = 0,85$ находим объем совокупности $\Omega_0 = 0,67$ и минимальную расчетную гидравлическую крупность состава наносов $w_1 = 0,01 \cdot 10^{-3} \text{ м/сек}$ (w_1 остается неизменной в процессе прохождения наносов от входного к выходному створу отстойника).

Среднюю гидравлическую крупность состава наносов можно представить в виде

$$\bar{w}_0 = w_1 \bar{\varphi}_0 = 0,01 \cdot 10^{-3} \bar{\varphi}_0 \text{ м/сек.}$$

На рис. 2 в точке пересечения средней пунктирной линии с кривой $\Omega_0 = 0,67$ определяем $\lg \bar{\varphi} = 2,06$. Следовательно, $\bar{\varphi}_0 = 114$ и $\bar{w}_0 = 0,01 \times 10^{-3} \cdot 114 = 11,4 \cdot 10^{-3}$ м/сек.

На том же рис. 2, на линии пересечения кривой $\Omega = 0,67$ с верхней пунктирной кривой находим

$$\lg \frac{1}{\alpha_0} = -\lg \alpha_0 = 3,19;$$

отсюда

$$\lg \alpha_0 = 4,81 \text{ и } \alpha_0 = 6,46 \cdot 10^{-4}.$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЗВЕШИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЗАЩИЩАЕМОГО ОТСТОЙНИКОМ КАНАЛА И ПАРАМЕТРОВ КРИВОЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА НАНОСОВ ПОСЛЕ ОСАЖДЕНИЯ ЧАСТИ ИХ В ОТСТОЙНИКЕ

Взвешивающая способность W защищаемого канала определяется для каналов с расходом $Q = 1$ м³/сек по формуле С. Х. Абальянца

$$W = \frac{18\bar{w}^3}{R \cdot 10^3} = \frac{18 \cdot 0,635 \cdot 0,30^3}{0,60 \cdot 10^3} = 0,514 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^2 \text{ сек.}$$

Для обеспечения незаиляемости защищаемого канала необходимо, чтобы нагрузка потока наносами $\lambda_1 = \delta \bar{w} \rho_0$, выходящими из отстойника, равнялась взвешивающей способности канала с учетом к. п. д. тракта от канала до выхода из отстойника (по заданию $\eta = 0,8$):

$$\lambda = \eta W = 0,8 \cdot 0,514 \cdot 10^{-3} = 0,411 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^2 \text{ сек.}$$

Определяем величину $\bar{\varphi}_1 \Omega_1$, связанную с величиной нагрузки λ_1 зависимостью

$$\bar{\varphi}_1 \Omega_1 = \frac{\lambda_1 \Omega}{\delta \rho_0 \bar{w}_1} = \frac{0,411 \cdot 10^{-3} \cdot 0,67}{0,63 \cdot 5 \cdot 0,01 \cdot 10^{-3}} = 8,67,$$

$$\lg \bar{\varphi}_1 \Omega_1 = \lg 8,67 = 0,938.$$

От $\lg \bar{\varphi}_1 \Omega_1 = 0,938$, нанесенного на верхней шкале абсцисс, восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с нижней пунктирной кривой. Точка пересечения расположена между кривыми $\Omega = 0,40$ и $\Omega = 0,50$. Интерполируя эти значения, получаем $\Omega_1 = 0,48$. Продолжая кривую $\Omega_1 = 0,48$ до пересечения со средней пунктирной линией, находим $\lg \bar{\varphi}_1 = 1,27$. Следовательно, $\bar{\varphi}_1 = 18,8$.

Проверяем величину $\bar{\varphi}_1 \Omega_1 = 18,8 \cdot 0,48 = 9,0$. Затем по точке пересечения верхней пунктирной кривой с кривой, соответствующей $\Omega_1 = 0,48$, находим

$$\lg \frac{1}{\alpha_1} = 2,07 = -\lg \alpha_1,$$

$$\lg \alpha_1 = 3,93.$$

Следовательно, $\alpha_1 = 0,00851 = 85,1 \cdot 10^{-4}$.

Таким образом, параметры кривой распределения состава наносов на выходе из отстойника должны быть равными $\Omega_1 = 0,48$; $\alpha_1 = 85,1 \cdot 10^{-4}$ и $\bar{\varphi}_1 = 18,8$.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ $\Omega_{\sim}$, $\alpha_{\sim}$ КРИВОЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА НАНОСОВ, СООТВЕТСТВУЮЩЕГО ВЗВЕШИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОТСТОЙНИКА

Задавшись размерами отстойника и его гидравлическими элементами, определим его взвешивающую способность.

Пусть глубина воды в отстойнике h равна 4 м, средняя скорость течения $v = 0,4$ м/сек, погонный расход $q = 4 \cdot 0,4 = 1,6$ м³/сек·м, коэффициент шероховатости $n = 0,023$.

Для расчета отстойника А. Н. Гостунский рекомендует следующую формулу:

$$\rho_{\sim} \bar{w}_{\sim} = 0,025 \frac{v^3}{h^{1,6}}.$$

При указанных выше гидравлических элементах имеем

$$\rho_{\sim} \bar{w}_{\sim} = 0,025 \cdot \frac{0,4^3}{4^{1,6}} = 1,74 \cdot 10^{-4} \text{ кг/м}^2 \text{ сек.}$$

Так как

$$\rho_{\sim} = \rho_0 \frac{\Omega_{\sim}}{\Omega_0},$$

то

$$\rho_{\sim} = 5 \frac{\Omega_{\sim}}{0,67} = 7,45 \Omega_{\sim},$$

$$\bar{w}_{\sim} = w_1 \bar{\varphi}_{\sim} = 0,01 \cdot 10^{-3} \bar{\varphi}_{\sim} = 10^{-5} \bar{\varphi}_{\sim}.$$

Следовательно,

$$1,74 \cdot 10^{-4} = \rho_{\sim} \bar{w}_{\sim} = 7,45 \Omega_{\sim} \cdot 10^{-5} \bar{\varphi}_{\sim} = 7,45 \cdot 10^{-5} \bar{\varphi}_{\sim} \Omega_{\sim},$$

откуда

$$\bar{\varphi}_{\sim} \Omega_{\sim} = \frac{1,74 \cdot 10^{-4}}{7,35 \cdot 10^{-5}} = 2,34,$$

$$\lg \bar{\varphi}_{\sim} \Omega_{\sim} = 0,369.$$

По графику рис. 2 на пересечении оси ординат $\lg \bar{\varphi}_{\sim} \Omega_{\sim} = 0,369$ с нижней пунктирной кривой находим $\Omega_{\sim} = 0,34$. На пересечении кривой $\Omega_{\sim} = 0,34$ с верхней пунктирной кривой определяем

$$\lg \frac{1}{\alpha_{\sim}} = -\lg \alpha_{\sim} = 1,40;$$

$$\lg \alpha_{\sim} = \bar{2},60;$$

$$\alpha_{\sim} = 398 \cdot 10^{-4}.$$

И на пересечении кривой $\Omega_{\sim} = 0,34$ со средней пунктирной линией находим $\lg \bar{\varphi}_{\sim} = 0,84$; следовательно,

$$\bar{\varphi}_{\sim} = 6,9,$$

$$\bar{\varphi}_{\sim} \Omega_{\sim} = 6,9 \cdot 0,34 = 2,35.$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБУЕМОЙ ДЛИНЫ ОТСТОЙНИКА

После того как определены $\alpha_0 = 6,46 \cdot 10^{-4}$; $\alpha_1 = 85,1 \cdot 10^{-4}$; $\alpha_{\sim} = 398 \cdot 10^{-4}$, можно найти требуемую длину отстойника по формуле

$$l = \frac{\alpha q}{w_1},$$

где

$$\alpha = -\frac{\alpha_0 + \alpha_{\sim}}{2} + \sqrt{\left(\frac{\alpha_0 + \alpha_{\sim}}{2}\right)^2 + \alpha_1 \left(\alpha_{\sim} \frac{\alpha_{\sim} - \alpha_0}{\alpha_{\sim} - \alpha_1} - \alpha_0\right)}$$

Подставляя значения α_0 , $\alpha_{\sim}$ и α_1 , получаем

$$\begin{aligned} 10^4 \alpha &= -\frac{6,46+398}{2} + \sqrt{\left(\frac{6,46+398}{2}\right)^2 + 398 \left(85,1 \frac{398-6,46}{398-85,1} - 6,46\right)} = \\ &= -202,23 + \sqrt{202,23^2 + 398 \cdot 100} = -202,23 + 284 = 81,8, \end{aligned}$$

откуда $\alpha = 0,00818$, а требуемая длина отстойника составит

$$l = \frac{\alpha q}{w_1} = \frac{0,00818 \cdot 1,6}{0,00001} = 1309 \text{ м} \approx 1310 \text{ м}.$$

Расчет по методу Гостунского можно производить, пользуясь рис. 2. Точность расчета зависит от масштаба графика и точности взятия отсчета. Чтобы облегчить работу проектировщиков, определяем необходимые для расчета параметры кривой распределения $\zeta = -(\beta + 1) \varphi^{\beta} e^{-\alpha \varphi}$ для $\beta = -1,15$, указанные в табл. 1, в зависимости от величины характеризующего состав наносов параметра Ω .

Табл. 1 составлена для величин Ω , находящихся в пределах 0,90—0,25, охватывающих все случаи проектирования оросительных систем рек типа низовьев Аму-Дарьи.

В дальнейшем при расчетах отстойника все параметры кривой распределения наносов берутся из табл. 1.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМА РАБОТЫ ОТСТОЙНИКА

Проверим режим работы отстойника длиной 1310 м с расходом $1,6 \text{ м}^3/\text{сек} \cdot \text{м}$ на 1 пог.м. Скорость течения в отстойнике составляет $0,40 \text{ м/сек}$, глубина наполнения $h = 4 \text{ м}$.

Мутность воды при входе в отстойник, равная 5 кг/м^3 , характеризуется кривой состава наносов, выражающейся уравнением

$$\zeta_0 = 0,15 \varphi^{-1,15} l^{-\alpha \varphi}.$$

Параметры кривой распределения состава наносов (Ω) на входе в отстойник равны: $\Omega = 0,67$; $\alpha_0 = 6,46 \cdot 10^{-4}$. Относительная средняя крупность наносов $\bar{\varphi}_0$ составляет 114; $\bar{\varphi}_0 \Omega_0 = 114 \cdot 0,67 = 76,4$. Расчетную минимальную гидравлическую крупность состава наносов можно представить уравнением

$$w_1 = 0,01 \cdot 10^{-3} \text{ м/сек};$$

среднюю —

$$\bar{w}_0 = w_1 \bar{\varphi}_0 = 114 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} = 1,14 \cdot 10^{-3}.$$

Параметры, соответствующие $\sim \rho$ взвеси, имеют вид

$$\Omega_{\sim} = 0,34; \alpha_{\sim} = 0,398 \cdot 10; \bar{\varphi}_{\sim} = 6,9.$$

По формуле (11, приложения 1) определяем параметры α и Ω в створах, расположенных на расстоянии 200, 400, 600, 800, 1000 и 1200 м от входа в отстойник:

$$\alpha = \frac{w_1 l}{q} = \frac{0,01 \cdot 10^{-3}}{1,6} l = 0,0625 \cdot 10^{-4} l.$$

Параметр α_1 для каждого из указанных створов находят по формуле (34, приложения 1)

$$\frac{1}{\alpha_1} = \frac{1}{\alpha_{\sim}} + \frac{1}{\alpha_0 + \alpha} - \frac{1}{\alpha_{\sim} + \alpha}.$$

Подставляя в это выражение для рассматриваемого створа

$$\alpha_{\sim} = 398 \cdot 10^{-4}, \quad \alpha_0 = 6,46 \cdot 10^{-4}$$

(см. табл. 4), находим значения α_1 . Сделаем расчет для створа, находящегося на расстоянии 200 м от входа в отстойник:

$$\alpha_{(200)} = \frac{w_1 l}{q} = 0,0625 \cdot 200 \cdot 10^{-4} = 12,5 \cdot 10^{-4},$$

$$\frac{1}{\alpha_{1(200)}} = \frac{1}{398 \cdot 10^{-4}} + \frac{1}{(6,46 + 12,5) \cdot 10^{-4}} - \frac{1}{(398 + 12,5) \cdot 10^{-4}},$$

или

$$\frac{1}{\alpha_1} = \frac{10^4}{398} + \frac{10^4}{18,96} - \frac{10^4}{410,5} = 25 \cdot 1 + 527,4 - 24,4 = 528,1.$$

$$\alpha_{1(200)} = \frac{1}{528,1} = 18,9 \cdot 10^{-4}.$$

Данному параметру α_1 соответствует $\Omega_{1(200)} = 0,601$ (см. табл. 1).

Следовательно, степень осветления потока составляет

$$w_{1(200)} = \frac{\Omega_1}{\Omega_0} = \frac{0,601}{0,67} = 0,897.$$

На длине 200 м осаждаются наносы в количестве

$$(1 - w) \cdot 100 = (1 - 0,897) \cdot 100 = 10,3\%.$$

Мутность в створе с l , равным 200 м, ($\rho_{(200)}$) составляет $5 \cdot 0,857 = 4,48 \text{ кг/м}^3$.

Относительная средняя крупность наносов, соответствующая $\Omega_1 = 0,601$, определяется по данным табл. 1 (графа 7):

$$\bar{\varphi}_{(200)} = 52,7.$$

Средняя гидравлическая крупность состава наносов составляет

$$\bar{w}_{(200)} = w_1 \bar{\varphi}_{(200)} = 52,7 \cdot 0,01 \cdot 10^{-3} = 0,527 \cdot 10^{-3};$$

нагрузка потока наносами —

$$\lambda_{(200)} = \bar{\rho}_{(200)} \bar{w}_{(200)} = 0,635 \cdot 4,48 \cdot 0,527 \cdot 10^{-3} = 1,90 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^2 \text{ сек};$$

нагрузка при входе в отстойник —

$$\lambda_0 = \delta \rho_0 \bar{w}_0 = 0,635 \cdot 5 \cdot 1,14 \cdot 10^{-3} = 3,62 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^2 \text{сек.}$$

При освещении потока на длине 200 м в 10,3%, нагрузка λ снизилась в $\frac{\lambda}{\lambda_{(200)}} = \frac{3,62 \cdot 10^{-3}}{1,50 \cdot 10^{-3}} = 2,41$ раза.

Результаты аналогичных подсчетов для створов с l , равным 400, 600, 800, 1000, 1200, 1300 м, позволяющих иметь характеристику работы отстойника по его длине, приведены в табл. 3.

Допустимая на выходе из отстойника нагрузка потока наносами должна составлять $0,411 \cdot 10^{-3}$; следовательно, длина отстойника l равна 1300—1350 м (с округлением).

Данные табл. 3 позволяют при учете ширины отстойника определить возможность использования парка земснарядов для очистки отстойника и расстановку их.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПО ОЧИСТКЕ ОТСТОЙНИКА И ТРЕБУЕМОГО ПАРКА ЗЕМСНАРЯДОВ

В табл. 4 сведены данные о величине поступающей в отстойник мутности, ее фракционном составе за период работы отстойника с 1 января по 30 сентября и объеме отложений взвешенных и донных наносов.

Объем отложившихся взвешенных наносов подсчитан для периода высокой мутности (с 1 мая по 30 сентября). Для периода минимальной мутности (с 1 января по 30 апреля) объем наносов взят ориентировочным (25% от общего количества поступивших в этот период в отстойник взвешенных наносов).

Количество донных наносов, поступивших в отстойник, принято считать равным 10% от взвешенных. По данным наблюдений САНИИРИ за работой одного из отстойников Южного Хоремза, объем донных наносов колеблется в пределах 8—14%. В январе-феврале поступления донных наносов не наблюдается.

Суммарный объем работ по очистке отстойников за год выражается в сумме 736,5 тыс. м.

Согласно Временной инструкции [3], при средней категории грунта II — III производительность снаряда типа 3 ПЗУ, ТМИР и ПКГ с насосом 8НЗ составляет за смену 225 м³.

Следовательно, для объема работ по очистке 736,5 тыс. м³ требуется за год

$$\frac{736500}{225} = 3273 \text{ снарядо-смен.}$$

При трехсменной работе число снарядо-смен в год составляет 550. Следовательно, для объема очистки 736,5 тыс. м³ необходимо $\frac{3273}{550} = 6$ земснарядов. Кроме того, требуется 1 резервный земснаряд.

Размещение земснарядов и график их годовой работы в настоящих нормах не рассматривается.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ИРРИГАЦИОННЫХ ОТСТОЙНИКОВ

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ ОСАЖДЕНИЯ НАНОСОВ
В ТУРБУЛЕНТНОЙ СРЕДЕ

Если в некоторой среде равномерно распределено количество взвеси ρ_w , кг/м³, с относительной скоростью падения w , м/сек, то при отсутствии в этой среде взвешивающей способности через 1 м² нижней или верхней ее границы (согласно знаку w) за время dt будет проходить количество взвеси, равное

$$\rho_w w dt.$$

В объеме слоя над площадкой 1 м² высотой h изменение содержания взвеси можно выразить соотношением

$$\frac{d\rho_w}{dt} = - \frac{\rho_w w}{h}, \quad (1)$$

где отрицательный знак указывает на уменьшение содержания взвеси. Если взвесь неоднородна, т. е. представляет смесь, состав которой задан функцией распределения, то будем иметь

$$y = y(w), \quad (2)$$

причем y определяется условием

$$y = \frac{d\rho}{dw}, \quad (3)$$

где $d\rho = \rho_w$ — количество наносов крупностью от w до $w + dw$;
 ρ — общее их количество в момент времени t .

Для данного случая, очевидно, характерно выражение (1):

$$\frac{d}{dt}(d\rho) = - \frac{w}{h} d\rho, \text{ или } \frac{d^2\rho}{dw \cdot dt} = \frac{w}{h}. \quad (4)$$

Поскольку не наблюдается перемешивания, величина парциальной мутности (ρ_w или $d\rho$) будет сохранять свое постоянное значение непосредственно над граничной площадкой в течение всего процесса осаждения.

Турбулентной среде можно приписать два основных свойства:

- 1) состояние непрерывного перемешивания;
- 2) взвешивающую способность W , т. е. способность устойчиво удерживать некоторое количество взвеси, которая под действием сил тяжести развивает мощность (нагрузку), λ выражающуюся для смеси,

заданной уравнением (2), в виде равенства

$$\lambda = \delta \int_{w_1}^{w_m} w d\rho = \delta \int_{w_1}^{w_m} w y dw; \quad (5)$$

здесь $\int_{w_1}^{w_m} w y dw$ — момент относительно начала координат площади кривой распределения (2);

δ — коэффициент Архимеда;

w_1 и w_m — минимальная и максимальная относительные скорости падения соответственно, которые обычно отождествляются с гидравлической крупностью.

Наличие у среды взвешивающей способности приводит к тому, что взвесь ρ разделяется на две части: пассивную $\rho_{\sim}$ и активную $\rho_{ак}$, поэтому

$$\rho = \rho_{\sim} + \rho_{ак}. \quad (6)$$

Пассивная часть дает нагрузку $\lambda_{\sim}$, соответствующую взвешивающей способности среды W и не меняющуюся в процессе осаждения.

Активная часть выпадает так, как будто она одна в данной среде и находится в состоянии непрерывного перемешивания, т. е., изменяясь количественно и качественно, распределяется в среде равномерно.

Для функций распределения соответственно имеем:

$$y = y_{\sim} + y_{ак} = y_{\sim}(w) + y_{ак}(w). \quad (7)$$

В соответствии с перечисленными свойствами турбулентной среды условие (4) заменяется условием для активной части, при этом содержание взвеси непостоянно и зависит от времени. Следовательно, получаем

$$\frac{d}{dt}(d\rho_{ак}) = -\frac{w}{h} d\rho_{ак}. \quad (8)$$

Заменяя $d\rho_{ак}$ выражением (3), находим

$$\frac{d}{dt}(y_{ак} dw) = -\frac{w}{h} y_{ак} dw.$$

Сокращая данное уравнение на множитель dw , не зависящий от t , определяем

$$\frac{dy_{ак}}{dt} = -\frac{w}{h} y_{ак}. \quad (9)$$

Разделим переменные и, проинтегрировав это выражение от 0 до t по времени и от $y_{ак0}$ до $y_{ак}$ по $y_{ак}$, получим

$$\left| \ln y_{ак} \right|_{y_{ак0}}^{y_{ак}} = -\frac{wt}{h}, \quad (10)$$

откуда

$$y_{ак} = y_{ак0} e^{-\frac{wt}{h}}.$$

Как видим, процесс осаждения наносов сводится к умножению ординат распределения активной части нагрузки на показательную функцию $e^{-\frac{wt}{h}}$.

Введя относительную крупность $\varphi = \frac{w}{w_1}$ и обозначив

$$\alpha = \frac{w_1 l}{h} = \frac{w_1 l v}{v h} = \frac{w_1 l}{q}, \quad (11)$$

где l — длина пути отстаивания, m ;

v — скорость течения, $m/сек$;

h — глубина воды, m ,

имеем

$$y_{ак} = y_{ак_0} e^{-\alpha \varphi}. \quad (12)$$

Следовательно, в случае отстаивания взвеси ρ_0 , имеющую функцию распределения y_0 , в соответствии с выражением (7) получаем

$$y = y_{\sim} + (y_0 - y_{\sim}) e^{-\alpha \varphi}. \quad (13)$$

Так как коэффициент α находится по данным отстаивания взвеси (глубины, времени, или пути и скорости), то с помощью уравнения (13) можно определить количество и состав взвеси, прошедшей процесс отстаивания. При этом, очевидно, вид функций y_0 и $y_{\sim}$ не играет никакой роли.

Уравнением (13) исчерпывается предлагаемая теория отстаивания.

Умножая выражение (13) на $d\omega = w_1 d\varphi$ и интегрируя его от w_1 до w_m , или от 1 до $\sim$, определяем

$$\rho = \rho_{\sim} + w_1 \int_1^{\sim} (y_0 - y_{\sim}) e^{-\alpha \varphi} d\varphi. \quad (14)$$

Если бы смесь задавалась не функцией распределения, а фракционным составом, то, очевидно, вместо уравнения (14) имело бы место выражение

$$\rho = \rho_{\sim} + \sum_{k=1}^{k=n} (\rho \bar{w}_{k_0} - \rho \bar{w}_{k_{\sim}}) e^{-\frac{\bar{w}_k l}{q}}, \quad (15)$$

где n — число фракций;

$\bar{w}_k$ — средняя крупность фракций от w_n до w_{n+1} , вычисляемая по формуле

$$\bar{w}_k = \frac{3w_n + w_{n+1}}{4}; \quad (16)$$

$\rho \bar{w}_{k_0}$ и $\rho \bar{w}_{k_{\sim}}$ — парциальное содержание взвеси k -й фракции соответственно для начального и критического состояний.

ПРИМЕНЕНИЕ ФУНКЦИЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОСТАВА ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ И ЕГО ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ ИХ ОСАЖДЕНИИ

При анализе процессов в совокупностях самых разнообразных природных явлений широко применяются функции распределения. Так, в области гидрологии используются функции (кривые) распределения Пирсона, преимущественно I и III типа.

При высокой степени осреднения составов донных и взвешенных наносов (по какому-либо створу среднего многолетнего, среднего сезонного и среднего суточного), принимая во внимание большое коли-

чество частиц, составляющих взвесь, можно ожидать, что именно для смесей наносов, взвешенных или донных, должны получаться устойчивые функции распределения, подобные функциям, полученным на основании закона нормального распределения Гауса и биномиального распределения в соответствующих совокупностях. Но при выборе функции распределения состава смесей наносов недостаточно только удовлетворительно подобрать интерполяционную кривую, совпадающую с данными опыта. Необходимо, чтобы принятая функция распределения не только численно с достаточной точностью характеризовала состав смеси, но и отражала физическую сущность процессов формирования и изменения состава смеси.

Можно считать, что естественные взвеси, проходившие процесс осаждения, представляют собой смеси частиц. Это справедливо для потоков с уменьшающейся вниз по течению мутностью. Поэтому прежде всего следует обратить внимание на то, как отражается процесс осаждения на составе взвеси.

В уравнениях (10), (12) и (13) показано, что процесс осаждения сводится к появлению или изменению показательной функции вида $e^{-\alpha\varphi}$.

Итак, состав взвеси, прошедшей процесс осаждения, характеризуется дополнительным множителем в виде показательной функции.

Поскольку можно считать, что всякая взвесь осаждается, общий вид функции распределения взвешенных наносов должен быть представлен соотношением

$$y = f(\varphi) e^{-\alpha\varphi}. \quad (17)$$

Величина α определена условием (11). Следовательно, остается найти $f(\varphi)$.

Анализ процесса формирования взвесей приводит нас к выводу, что искомая функция должна быть степенной, т. е.

$$f(\varphi) = K\varphi^\beta. \quad (18)$$

Следовательно, имеем

$$y = K\varphi^\beta e^{-\alpha\varphi}, \quad (19)$$

или (переходя к безразмерным величинам)

$$\zeta = C\varphi^\beta e^{-\alpha\varphi}, \quad (20)$$

где ζ — частота (плотность распределения).

Если обозначить относительное содержание фракций $\frac{\theta_\varphi}{\Omega}$, т. е. ординату интегральной кривой состава крупностью до φ , то получим

$$\theta_\varphi = \frac{1}{\Omega} \int_1^\varphi \zeta d\varphi. \quad (21)$$

Следовательно,

$$\zeta = \frac{d\theta}{d\varphi} \Omega. \quad (22)$$

Для объема совокупности Ω имеем

$$\Omega = \int_1^\infty \zeta d\varphi. \quad (22a)$$

Таким образом, принимается, что верхний предел крупности неограничен. Это соответствует кривой Пирсона III типа.

Функция распределения (20) оказывается кривой III типа Пирсона, хотя, как будет видно в дальнейшем, лежит в области за пределами исследованных Пирсоном значений $\beta \geq -1$. Функция распределения (20) характеризуется четырьмя параметрами: C , β , α , и ω_1 (без ω_1 она не имеет конкретного смысла). Параметр C определяется при $\alpha = 0$, т. е. для исходного состава, не проходившего еще процесса осаждения, объем совокупности Ω должен быть равен единице:

$$1 = \int_1^{\infty} \zeta d\varphi = C \int_1^{\infty} \varphi^{\beta} d\varphi = \frac{C}{\beta+1} \left| \varphi^{\beta+1} \right|_1^{\infty}.$$

По данным, полученным для естественных смесей, и согласно результатам теоретического анализа находим

$$\beta < -1,$$

поэтому верхний предел равен нулю, а нижний — единице. Следовательно,

$$1 = -\frac{C}{\beta+1}.$$

Итак, функция распределения (20) принимает вид

$$\zeta = -(\beta+1) \varphi^{\beta} e^{-\alpha\varphi}. \quad (23)$$

Составам взвешенных наносов рек Средней Азии и Аракса хорошо удовлетворяет значение

$$\beta = -1,15.$$

Поэтому принимаем следующее:

$$\zeta = 0,15 \varphi^{-1,15} e^{-\alpha\varphi}. \quad (24)$$

Для всякого другого состава, прошедшего процесс отмучивания, т. е. при $\alpha > 0$, объем совокупности, равный

$$\Omega = 0,15 \int_1^{\infty} \varphi^{-1,15} e^{-\alpha\varphi} d\varphi, \quad (25)$$

будет меньше единицы. Величина Ω показывает, какая доля исходного материала взвеси осталась после осаждения. Следовательно, если некоторой мутности ρ_0 соответствует Ω_0 , а мутности ρ отвечает Ω , то степень осветления (отстаивания) ω будет составлять

$$\omega = \frac{\rho}{\rho_0} = \frac{\Omega}{\Omega_0}. \quad (26)$$

Таким образом, Ω является удобным параметром, характеризующим количественное состояние взвеси.

Задаваясь значениями α , можно найти зависимость

$$\Omega = F(\alpha), \quad (27)$$

которая дается на рис. 1 в виде кривой

$$\lg \frac{1}{\alpha} = -\lg \alpha = f(\Omega).$$

Вычисляя значения интеграла

$$\Theta_{\varphi} = \frac{1}{\Omega} \int_1^{\varphi} \zeta d\varphi = \frac{0,15}{\Omega} \int_1^{\varphi} \varphi^{-1,15} e^{-\alpha\varphi} d\varphi \quad (28)$$

и пользуясь зависимостью (27), можно построить интегральные кривые

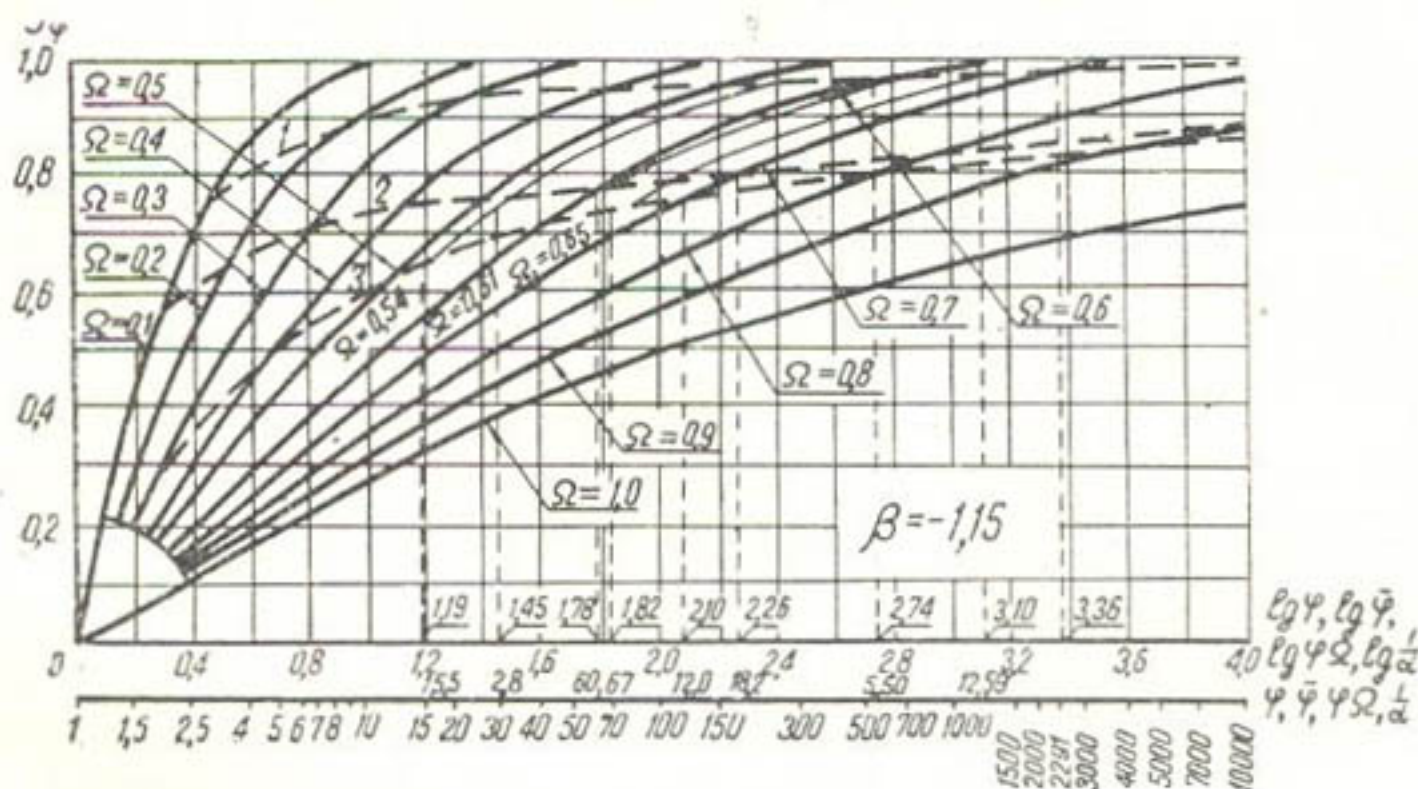


Рис. 1. График параметров функции распределения
 $\zeta = 0,15 \varphi^{-1,15} l^{-\alpha\varphi}$

$$1 - \lg \frac{1}{\alpha} = -\lg \alpha; \quad 2 - \overline{\varphi} = f(\Omega); \quad 3 - \varphi \Omega = F(\Omega).$$

составов для любых значений Ω или α , т. е. для любого состояния взвеси в процессе отстаивания; эти значения на рис. 1 представлены в виде кривых с Ω от 1,0 до 0,1.

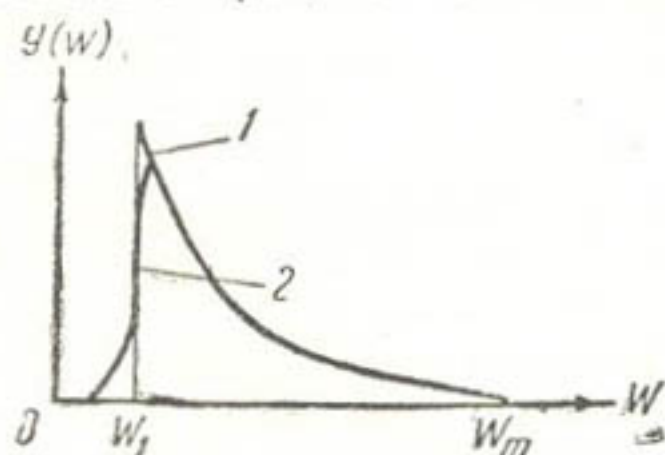


Рис. 2. График полной (1) и неполной смеси (2) наносов.

тематической статистики (см. напр. Эльдертон). Это объясняется действием некоторых дополнительных законов, обуславливающих недостаток мельчайших фракций, вследствие чего получается то, что мы называем „неполной смесью“ (рис. 2).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Уравнение (23) включает три параметра: w_1 , α , β ; функция (24) — два: w_1 , α .

Так как при фракционном анализе взвешенных наносов одна фракция определяется по разности, то требуемое число фракций должно

быть на единицу больше числа подлежащих определению параметров, т. е. для уравнения (23) требуется анализ на четыре фракции, а для уравнения (24) — только на три.

Деление на фракции лучше производить так, чтобы последовательные величины Θ_{φ} были равны:

$$\Theta_{\varphi_1} = 0,50; \Theta_{\varphi_2} = 0,75; \Theta_{\varphi_3} = 0,90.$$

При анализе на три фракции обычно (при не слишком мелком составе) берут первое деление на 0,2 мм/сек и второе — на 2,0. И так, в случае пользования уравнением (24) по значениям $\Theta_{0,2}$ и Θ_2 определяют искомые параметры w_1 и α (или Ω , что удобнее).

Однако гораздо легче задаваться величинами w_1 и Ω и по ним согласно уравнению (28) находить значения $\Theta_{0,2}$ и Θ_2 :

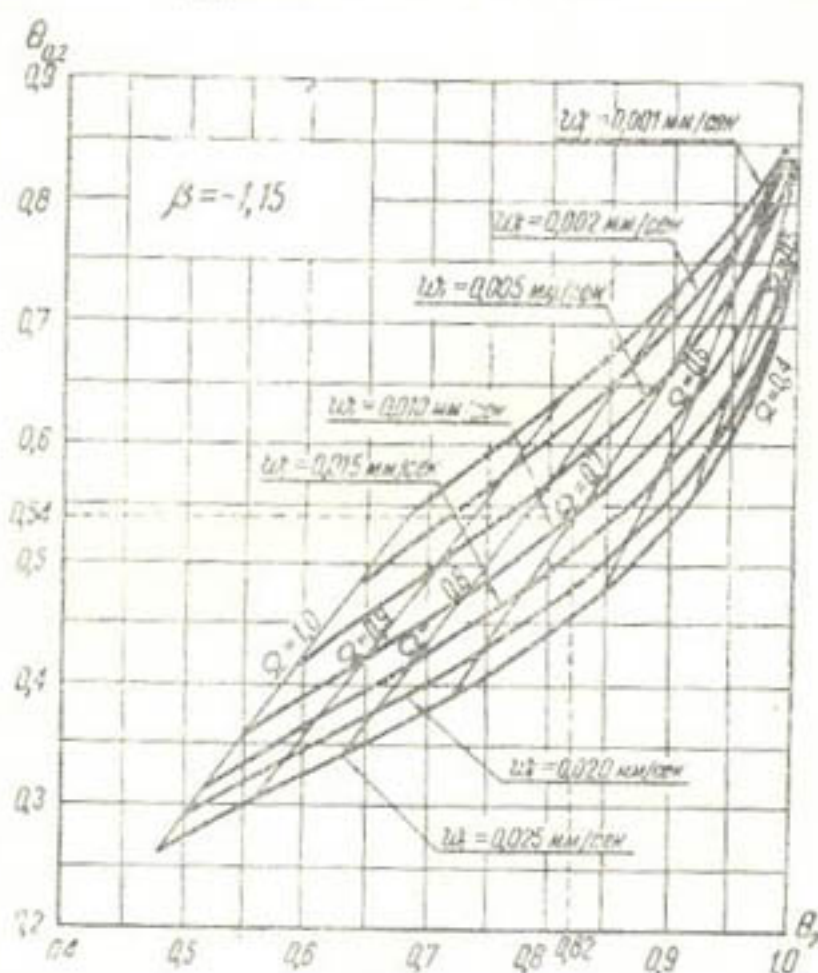


Рис. 3. График для определения параметров w_1 и Ω по заданному составу наносов при $\beta = -1,15$.

$$\frac{\Theta_{0,2}}{w_1} = \frac{0,15}{\Omega} \int_1^{0,2/w_1} \varphi^{-1,15} e^{-\alpha\varphi} d\varphi, \quad (29)$$

$$\frac{\Theta_2}{w_1} = \frac{0,15}{\Omega} \int_1^2 \varphi^{-1,15} e^{-\alpha\varphi} d\varphi.$$

На основании вычисленных значений $\Theta_{0,2}$ и Θ_2 строят график (рис. 3), которым и пользуются для определения параметров w_1 и Ω .

Если применять другие значения β , например, $\beta = -1,25$ и $\beta = -1,05$, то надо проделывать работу для всей серии приведенных графиков. Однако вычисления, проведенные А. Н. Гостунским, показали, что для практических целей, в случае операций с осредненными составами, достаточная точность получается при постоянном значении $\beta = -1,15$.

С составами отдельно взятых проб могут быть всевозможные вариации.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕВЗВЕШЕННОЙ КРУПНОСТИ СМЕСИ $\bar{w} = w_1 \bar{\varphi}$

Величину нагрузки потока наносами определяют с учетом величины средневзвешенной крупности и ее изменений, наблюдающихся при осаждении части наносов:

$$\lambda = \delta \rho \bar{w} = \delta \omega \rho_0 w_1 \bar{\varphi} = \delta \frac{\Omega}{\Omega_0} \rho_0 w_1 \bar{\varphi}, \quad (30)$$

где $\delta = \frac{\gamma_1 - 1}{\gamma_1}$ — коэффициент Архимеда.

Очень часто делают ошибку, когда находят транспортирующую способность канала и при этом не имеют в виду изменений в составе наносов.

Например, взвешивающая способность канала составляет одну десятую часть взвешивающей способности источника питания (реки), несущей 4 кг/м^3 взвешенных наносов. Отсюда вывод, что в канал можно допустить только $0,4 \text{ кг/м}^3$ взвешенных наносов. Но если осветлить на 90% воду источника, то оставшаяся взвесь будет иметь значительно меньшую среднюю крупность и канал может транспортировать взвесь в значительно большем количестве. Таким образом, заранее требуется определить функциональную связь между степенью осветления ω и гидравлической крупностью (или нагрузкой) оставшейся взвеси $\bar{w}$:

$$\bar{w} = f(\omega); \lambda = F(\omega). \quad (31)$$

Если пользоваться просто фракционным анализом, то следует вычислять функции (31), задаваясь последовательным удалением фракций (начиная со старшей).

Фракционный анализ в этом случае должен быть детальным (5—7 фракций), причем действие турбулентности, т. е. наличие критической мутности, не учитывается.

Кривые распределения дают возможность аналитически определить среднегидравлическую крупность и нагрузку, как функцию φ :

$$\bar{w} = w_1 \bar{\varphi},$$

$$\bar{\varphi} = \frac{\int_1^{\infty} \zeta \varphi d\varphi}{\Omega},$$

$$\Omega = \int_1^{\infty} \zeta d\varphi, \quad \Omega = \omega \Omega_0.$$

Подставляя значение ζ из уравнения (23) и интегрируя его по частям, а также принимая во внимание (22a), получаем

$$\bar{\varphi} \Omega = \frac{\beta+1}{\alpha} (\Omega - e^{-\alpha}), \quad (32)$$

$$\bar{\varphi} = \frac{\beta+1}{\alpha} \left(1 - \frac{e^{-\alpha}}{\Omega} \right). \quad (33)$$

Для уравнения (24) имеем

$$\bar{\varphi} \Omega = \frac{0,15}{\alpha} (e^{-\alpha} - \Omega), \quad (32a)$$

$$\bar{\varphi} = \frac{0,15}{\alpha} \left(\frac{e^{-\alpha}}{\Omega} - 1 \right). \quad (33a)$$

Значения $\bar{\varphi} \Omega$ и $\bar{\varphi}$ наносим на рис. 1 как кривые

$$\bar{\varphi} \Omega = F(\Omega),$$

$$\varphi = f(\Omega).$$

Заметим, что согласно равенству (30) величина $\bar{\varphi} \Omega$ связана с нагрузкой λ зависимостью

$$\bar{\varphi} \Omega = \frac{\lambda \Omega_0}{\delta \rho_0 w_1}. \quad (30a)$$

Таким образом, величины λ и Ω взаимно друг друга определяют.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СМЕСИ ПОСЛЕ ОТСТАИВАНИЯ

Если за основную функцию распределения принять уравнение (24), то она будет характеризоваться параметрами:

$$\beta, w_1, \alpha \text{ (или } \Omega).$$

Так как наименьшая крупность для данной смеси является величиной постоянной, неизменной в процессе осаждения, то при постоянном значении β определению подлежит только один параметр α (или Ω), а другой вычисляется по рис. 1.

Для осаждающейся смеси в соответствии с уравнением (13) имеем

$$\zeta_1 = \zeta_{\sim} + (\zeta_0 - \zeta_{\sim}) e^{-\alpha \varphi},$$

где индексы 0, 1 и $\sim$ относятся соответственно к начальному, конечному и критическому состояниям.

Подставляя значения функций по выражению (23) и сокращая полученное уравнение на множитель $(\beta + 1) \varphi^\beta$, получаем

$$e^{-\alpha_1 \varphi} = e^{-\alpha_{\sim} \varphi} + (e^{-\alpha_0 \varphi} - e^{-\alpha_{\sim} \varphi}) e^{-\alpha \varphi},$$

или

$$e^{-\alpha_1 \varphi} = e^{-\alpha_{\sim} \varphi} + e^{-(\alpha_0 + \alpha) \varphi} - e^{-(\alpha_{\sim} + \alpha) \varphi}.$$

Умножая данное выражение на $\alpha \varphi$ и интегрируя его в пределах от 1 до ∞ , определяем:

$$\frac{e^{-\alpha_1}}{\alpha_1} = \frac{e^{-\alpha_{\sim}}}{\alpha_{\sim}} + \frac{e^{-(\alpha_0 + \alpha)}}{\alpha_0 + \alpha} - \frac{e^{-(\alpha_{\sim} + \alpha)}}{\alpha_{\sim} + \alpha}.$$

Рассматривая функцию

$$\frac{e^x}{x} = \frac{1}{x} \left(1 + \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \dots + \frac{x^n}{n!} \right) = \frac{1}{x} + 1 + \frac{x}{2!} + \frac{x^2}{3!} + \dots,$$

видим, что при малых значениях $x = \alpha$, обычно не превышающих 0,01, можно принять

$$\frac{e^x}{x} = \frac{1}{x}.$$

Тогда имеем

$$\frac{1}{\alpha_1} = \frac{1}{\alpha_{\sim}} + \frac{1}{\alpha_0 + \alpha} - \frac{1}{\alpha_{\sim} + \alpha}. \quad (34)$$

Здесь α определяется минимальной крупностью w_1 и условиями отстаивания по уравнению (11):

$$\alpha = \frac{w_1 t}{h} = \frac{w_1 l}{q};$$

α_1 — допускаемой нагрузкой для защищаемого канала по (30);

$\alpha_{\sim}$ — взвешивающей способностью отстойника $\lambda_{\sim}$;

α_0 — данными о составе начальной (входящей) взвеси.

Следовательно, уравнение (34) можно применять для расчета действующего отстойника, т. е. для определения α_1 , соответствующего выходящей мутности.

При проектировании отстойника величины α_0 и α_1 задаются. Величину $\alpha_{\sim}$ получают, задаваясь скоростью и глубиной отстойника,

а величина α вычисляется из уравнения (34). Определяя α из (34), находим

$$\alpha = \frac{\alpha_0 + \alpha_{\sim}}{2} + \sqrt{\frac{(\alpha_0 + \alpha_{\sim})^2}{4} + \alpha_{\sim} \left(\alpha_1 \frac{\alpha_{\sim} - \alpha_0}{\alpha_{\sim} - \alpha_1} - \alpha_0 \right)}. \quad (35)$$

Так как $\alpha_{\sim} > \alpha_1 > \alpha_0$, то уравнение (35) всегда имеет решение. Длина отстойника определяется по формуле (11).

Следовательно, применяя функции распределения, все элементы по расчету отстаивания можно определять прямым путем (без подбора) и, как будет видно из примеров, задачи нахождения элементов сводятся к простым, почти механическим операциям.

СОСТАВ ОТЛОЖЕНИЙ

В каждый момент времени мутность распределяется по длине отстойника согласно уравнению (34), определяющему изменение величины параметра α_1 , характеризующего состав и степень отстаивания взвеси вдоль по отстойнику.

Таким образом, если при постоянном режиме источника питания пренебречь изменением глубины отстойника с наращиванием его дна, можно считать, что выпадение наносов в данной точке идет при постоянном составе взвеси, соответствующем его активной части. Это можно представить в виде кривой распределения, выражающейся уравнением

$$\zeta_{ак} = \zeta_1 - \zeta_{\sim}.$$

При этом количество взвеси, выпадающей в данный промежуток времени, будет пропорционально крупности наносов $\bar{w} = w_1 \varphi$, или просто величине φ .

Следовательно, для кривой распределения осадка ζ' имеем

$$\zeta' \doteq \zeta_{ак} \varphi \doteq (\zeta_1 - \zeta_{\sim}) \varphi.$$

Подставив в данное выражение значение ζ_1 и $\zeta_{\sim}$, получаем

$$\zeta' \doteq C \varphi^{\beta+1} e^{-\alpha \varphi} [1 - e^{-(\alpha_{\sim} - \alpha_1) \varphi}], \quad (36)$$

где ζ' — кривая распределения осадка в точке отстойника, соответствующей величине α_1 , определенной по уравнению (34);

C — постоянный множитель, играющий роль масштабного.

Разлагая в ряд показательную функцию в квадратных скобках, имеем

$$\zeta' = C' \varphi^{\beta+2} e^{-\alpha_1 \varphi} \left[1 - \frac{(\alpha_{\sim} - \alpha_1) \varphi}{2!} + \frac{(\alpha_{\sim} - \alpha_1)^2 \varphi^2}{3!} + \dots \right].$$

Выражение в квадратных скобках, представляющее монотонную функцию от φ , очевидно, больше $e^{-\alpha_{\sim} \varphi}$ и меньше $e^{-(\alpha_{\sim} - \alpha_1) \varphi}$ и приближенно может быть принято равным $e^{-(\alpha_{\sim} - \frac{\alpha_1}{2}) \varphi}$. Тогда будем иметь

$$\zeta' = C' \varphi^{\beta+1} e^{-(\alpha_{\sim} + \frac{\alpha_1}{2}) \varphi}. \quad (37)$$

Заметим, что при $-2 < \beta < -1$

$$\beta + 2 > 0.$$

Таким образом, монотонно убывающая кривая распределения для взвеси превращается в модальную кривую для ее осадка.

Чтобы получить модальное значение аргумента, уравнение (37) дифференцируем, а производную приравняем к нулю. При этом получаем

$$0 = \beta + 2 - \left(\alpha_{\sim} - \frac{a_1}{2} \right) \varphi_{\text{мод}}, \quad (38)$$

откуда

$$\varphi_{\text{мод}} = \frac{\beta + 2}{\alpha_{\sim} + \frac{a_1}{2}}.$$

При определении ординат Θ'_{φ} интегральной кривой состава осадка пользуемся выражением

$$\Theta'_{\varphi} = \frac{\int_1^{\varphi} \varphi \zeta' d\varphi}{\int_1^{\sim} \zeta' d\varphi}. \quad (39)$$

Т а б л и ц а 1

Положение линии	Объем совокупности Ω						
	0,40	0,45	0,50	0,53	0,57	0,60	0,75
Верхняя $\lg \frac{1}{\alpha}$	1,73	1,97	2,21	2,34	2,52	2,65	3,80
Пунктирная $\frac{1}{\alpha}$	53,7	93,3	162	219	331	448	6300
Средняя $\lg \overline{\varphi}$	1,06	1,21	1,35	1,47	1,63	1,75	2,51
Пунктирная $\overline{\varphi}$	11,5	16,2	22,4	29,5	42,7	56,3	324
Нижняя $\lg \overline{\varphi} \frac{\Omega}{\varphi}$	0,64	0,83	1,02	1,17	1,37	1,51	2,38
Пунктирная $\overline{\varphi} \Omega$	4,4	6,8	10,5	14,8	23,4	32,4	240

Интеграл, стоящий в знаменателе, двойным интегрированием по частям может быть приведен к известной уже величине Ω . Для средней крупности осадка $\overline{\varphi}'$ имеем

$$\overline{\varphi}' = \frac{\int_1^{\sim} \zeta' \varphi d\varphi}{\int_1^{\sim} \zeta' d\varphi}. \quad (40)$$

Интеграл в числителе интегрированием по частям приводится к предыдущему путем понижения степени φ .

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ

1. Пользование рис. 1. при графоаналитическом методе расчета отстойника.

На горизонтальной шкале рис. 1 нанесены логарифмы (верхняя шкала) и соответственные величины φ , $\frac{1}{\alpha}$, $\overline{\varphi}$, $\overline{\varphi}\Omega$ (нижняя шкала). На вертикальной — только величины Θ_{φ} для соответственных Ω .

При определении величин $\frac{1}{\alpha}$, $\bar{\varphi}$, $\bar{\varphi}\Omega$ как функций Ω на горизонтальной шкале делают отсчет до точки пересечения пунктирной кривой с кривой со значением Ω (табл. 1).

Более точные результаты получаются при пользовании логарифмической шкалой.

2. Определение параметров Ω и w , по рис. 3.

Рассмотрим фракционный состав, типичный для взвешенных наносов Аму-Дарьи.

Номер фракций	1	2	3	4	5
Гидравлическая крупность $10^3, \text{ м/сек}$	>32	32-12	12-2	2-0,2	<0,2
Содержание наносов, %	1	4	13	28	54

Следовательно, для этого состава имеем

$$\Theta_{0,2} = 0,54; \quad \Theta_2 = 0,82.$$

На рис. 3 точка с координатами 0,82; 0,54 отвечает кривым $w_1 = 0,01 \cdot 10^{-3} \text{ м/сек}$; $\Omega = 0,70$.

Рис. 1 дает возможность определить по $\Omega = 0,70$ соответствующую величину α , которую можно представить в виде

$$\lg \frac{1}{\alpha} = -\lg \alpha = 3,36.$$

Следовательно, $\lg \alpha = \bar{4},64 = \lg 4,35 \cdot 10^{-4}$;

$$\alpha = 4,35 \cdot 10^{-4}.$$

Кривая распределения состава по относительной гидравлической крупности при этом выражается уравнением

$$\varphi = \frac{w}{w_1} = \frac{w}{0,01} = 100 w.$$

Значит,

$$\zeta = 0,15 \varphi^{-1,15} e^{-4,35 \cdot 10^{-4} \varphi}.$$

Зная значение $w_1 = 0,01 \cdot 10^{-3} \text{ м/сек}$, определяем величину φ , соответствующую крупностям, по которым сделан анализ; по кривой $\Omega = 0,70$, вычисляя значения φ по вертикальной шкале, можем найти состав, отвечающий кривой распределения (табл. 2).

Средняя гидравлическая крупность для предлагаемого состава будет равна $\bar{w} = w_1 \bar{\varphi} = 0,01 \cdot 10^{-3} \bar{\varphi} \text{ м/сек}$. На пересечении средней пунктирной линии с кривой $\Omega = 0,7$ по рис. 1 определяем

$$\lg \bar{\varphi} = 2,26 = \lg 182; \quad \bar{\varphi} = 182;$$

$$\bar{w} = 0,01 \cdot 10^{-3} \cdot 182 = 1,82 \cdot 10^{-3} \text{ м/сек}.$$

По нижней пунктирной находим значение $\bar{\varphi}\Omega$, характеризующее нагрузку,

$$\lg \bar{\varphi}\Omega = 2,10 = \lg 126;$$

$$\bar{\varphi}\Omega = 126.$$

Следовательно, $\bar{\varphi}\Omega = 182 \cdot 0,70 = 127$.

Таблица 2

Фракционный состав наносов	Гидравлическая крупность, мм/сек				
	до 32	до 12	до 2	до 0,2	<0,2
Относительная гидравлическая крупность	до 3200	1200	200	20	—
$\left \frac{w}{w_1} = \frac{w}{0,01} \right $					
$\lg \varphi$	3,505	3,079	2,301	1,301	—
θ_{φ}	0,99	0,95	0,82	0,54	—
Номер фракций	1	2	3	4	5
Содержание наносов, %	1	4	13	28	54

РАСЧЕТ ОТСТОЙНИКА

А. Прямая задача:

по данным о количестве и составе входящих наносов и гидравлическим элементам отстойника определить режим его работы, т. е. количество и качество наносов для любого створа отстойника.

Пусть в отстойник глубиной 3 м при скорости 0,60 м/сек поступает мутность $\rho_0 = 4,2$ кг/м³, характеризуемая параметрами: $w_1 = 0,01 \cdot 10^{-3}$ м/сек; $\Omega_0 = 0,70$; $\alpha_0 = 4,35 \cdot 10^{-4}$, $\bar{\varphi}_0 = 132$; $\bar{\varphi}_0 \Omega_0 = 127$.

Определим параметры, соответствующие критическому состоянию, т. е. взвешивающей способности отстойника (параметры обозначаем индексом $\sim$). По формуле взвешивающей способности А. Н. Гостунского имеем

$$\rho_{\sim} \bar{w}_{\sim} = 0,025 \frac{v^3}{h^{1,6}} = 0,025 \frac{0,60^3}{3^{1,6}} = \frac{0,025 \cdot 216 \cdot 10^{-3}}{5,8} = 9,3 \cdot 10^{-4}.$$

Так как

$$\rho_{\sim} = \rho_0 \frac{w_{\sim}}{w_1} = \rho_0 \frac{\Omega_{\sim}}{\Omega_0} = 4,2 \frac{\Omega_{\sim}}{0,7} = 6 \Omega_{\sim},$$

$$\bar{w}_{\sim} = w_1 \bar{\varphi}_{\sim} = 0,01 \cdot 10^{-3} \bar{\varphi}_{\sim}$$

(величина w_1 в процессе отстаивания не изменяется), то

$$9,3 \cdot 10^{-4} = \rho_{\sim} \bar{w}_{\sim} = 6,0 \Omega_{\sim} \cdot 10^{-5} \bar{\varphi}_{\sim} = 6,0 \cdot 10^{-5} \bar{\varphi}_{\sim} \Omega_{\sim},$$

откуда

$$\bar{\varphi}_{\sim} \Omega_{\sim} = \frac{9,3 \cdot 10^{-4}}{6,0 \cdot 10^{-5}} = 15,5,$$

$$\lg \bar{\varphi}_{\sim} \Omega_{\sim} = \lg 15,5 = 1,19.$$

На верхней горизонтальной шкале рис. 1 берем значение 1,19 и на пересечении оси ординаты с нижней пунктирной кривой находим точку, которая лежит между кривыми $\Omega = 0,5$ и $\Omega = 0,60$. Принимаем, что $\Omega_{\sim} = 0,54$.

На пересечении кривой $\Omega_{\sim} = 0,54$ с верхней пунктирной находим

$$\lg \frac{1}{\alpha_{\sim}} = -\lg \alpha_{\sim} = 2,40,$$

$$\lg \alpha_{\sim} = -2,40 = 3,60 = \lg 4,0 \cdot 10^{-3};$$

$$\alpha_{\sim} = 4,0 \cdot 10^{-3}.$$

В точке пересечения кривой $\Omega = 0,54$ со средней пунктирной линией определяем $\lg \bar{\varphi}_{\sim} = 1,45$; $\bar{\varphi}_{\sim} = 28$. Следовательно, $\bar{\varphi}_{\sim} \Omega_{\sim} = 28 \cdot 0,54 = 15,1$, т. е. вычисление точно до третьего знака.

Задаваясь длиной, например, $l = 300$ м, по уравнению (11) вычисляем

$$\alpha = \frac{w_1 l}{q} = \frac{0,01 \cdot 10^{-3} \cdot 300}{3 \cdot 0,60} = 1,67 \cdot 10^{-3}.$$

Для определения параметров смеси (обозначенных индексом 1) в данном створе, т. е. на расстоянии $l = 300$ м от начала отстойника, пользуемся выражением (34); при этом получаем

$$\frac{1}{\alpha_1} = \frac{1}{\alpha_{\sim}} + \frac{1}{\alpha_0 + \alpha} = \frac{1}{\alpha_{\sim} + \alpha} = \frac{1}{4 \cdot 10^{-3}} +$$

$$+ \frac{1}{4,35 \cdot 10^{-4} + 1,67 \cdot 10^{-3}} - \frac{1}{4 \cdot 10^{-3} + 1,67 \cdot 10^{-3}} = 250 + 475 - 176 = 549;$$

$$\alpha_1 = 1,82 \cdot 10^{-3};$$

$$\lg \frac{1}{\alpha_1} = \lg 549; \frac{1}{\alpha_1} = 2,74.$$

Откладывая на верхней шкале значение 2,74 (см. рис. 1), на пересечении оси ординат с верхней пунктирной линией находим точку, расположенную близко от кривой $\Omega = 0,60$. Считаем, что $\Omega_1 = 0,61$. Следовательно, степень отстаивания составляет

$$\omega = \frac{\Omega_1}{\Omega_0} = \frac{0,61}{0,70} = 0,87,$$

а мутность в створе —

$$\rho_1 = \rho_0 \omega = 4,2 \cdot 0,87 = 3,66 \text{ кг/м}^3;$$

количество осевших наносов вычисляем по формуле

$$\rho_0 - \rho_1 = 4,20 - 3,66 = 0,54 \text{ кг/м}^3.$$

Относительная средняя крупность, соответствующая $\Omega = 0,61$, определяется по средней пунктирной линии, которую можно выразить в виде $\lg \bar{\varphi}_1 = 1,78$; $\bar{\varphi}_1 = 60$; $w_1 = 0,6$ мм/сек.

Таким образом, средняя крупность уменьшилась в три, а нагрузка от взвеси в три с половиною раза, хотя осело всего лишь 13% наносов.

Для Ω_1 состав наносов определяется так же, как и для Ω_0 , т. е. по рис. 1 находятся соответственные величины θ_{φ} . Очевидно, задаваясь различными значениями длины, можно подобрать требуемую длину отстойника. Однако эта задача решается и аналитически.

Б. Обратная задача:

по заданной величине нагрузки на выходе из отстойника с задан-

ными гидравлическими элементами, по заданной величине и составу входящей мутности определить длину отстойника.

Пусть отстойник и мутность на входе те же, что и в предыдущей задаче, но поставлено условие, чтобы величина нагрузки соответствовала взвешивающей способности защищаемого канала, имеющего уклон $i = 1,2 \cdot 10^{-4}$ и глубину $h = 1,5$ м, с учетом к. п. д. тракта $\eta = 0,75$.

По формуле А. Н. Гостунского имеем

$$\frac{\rho_1 \bar{w}_1}{\eta} = 3300 h^{1/2} i^{3/2}$$

и

$$\frac{\rho_0 \Omega_1 \bar{w}_1 \bar{\varphi}_1}{\eta \Omega_0} = 3300 h^{1/2} i^{3/2},$$

откуда

$$\bar{\varphi}_1 \Omega_1 = \frac{3300 h^{1/2} i^{3/2} \eta \Omega_0}{\rho_0 \bar{w}_1} = \frac{3300 \cdot 1,5^{1/2} (1,2 \cdot 10^{-4})^{3/2} \cdot 0,75 \cdot 0,70}{4,2 \cdot 10^{-5}},$$

$$\bar{\varphi}_1 \Omega_1 = 67; \lg \bar{\varphi}_1 \Omega_1 = 1,82.$$

По рис. 1 на нижней пунктирной линии находим Ω_1 , равное 0,65; по верхней пунктирной для $\Omega_1 = 0,65$ определяем

$$\lg \frac{1}{\alpha_1} = 3 \cdot 10; \alpha_1 = 8 \cdot 10^{-4}.$$

Пользуясь выражением (35), получаем

$$\begin{aligned} 10^4 \alpha &= -\frac{4,35+40}{2} + \sqrt{\frac{44 \cdot 3^2}{4} + 40 \left(8 \frac{40-4,35}{40-8} - 4,35 \right)} = \\ &= -22,2 + \sqrt{22,2^2 + 40 \left(8 \frac{35,6}{32} - 4,35 \right)} = -22,2 + \\ &+ \sqrt{491 + 40(8,9 - 4,35)} = -22,2 + \sqrt{491 + 40 \cdot 4,65} = -22,2 + \\ &+ \sqrt{491 + 186} = -22,2 + \sqrt{671} = -22,2 + 26,0 = 3,8, \\ \alpha &= 3,8 \cdot 10^{-4}. \end{aligned}$$

Следовательно, из уравнения (34) имеем

$$\begin{aligned} \frac{1}{\alpha_1} &= \frac{10^4}{40} + \frac{10^4}{4,35+3,80} - \frac{10^4}{40+3,80} = 250 + 1230 - 230 = 1250; \\ \alpha_1 &= 8 \cdot 10^{-4} \text{ (верно)}. \end{aligned}$$

По уравнению (11) находим

$$l = \frac{\alpha q}{w_1} = \frac{3,8 \cdot 10^{-4} \cdot 3 \cdot 0,60}{10^{-5}} = 68 \text{ м},$$

т. е. для защиты заданного канала достаточно иметь длину отстойника 68 м.

Н. Ф. ЦВЕТИКОВА

К ВЫБОРУ ВЕЛИЧИНЫ ПАРАМЕТРА β ДЛЯ РАСЧЕТА ИРРИГАЦИОННЫХ ОТСТОЙНИКОВ ПО МЕТОДУ А. Н. ГОСТУНСКОГО

Для ирригационных отстойников применяется рекомендованный А. Н. Гостунским метод расчета осаднения взвешенных наносов в турбулентном потоке с использованием функции распределения состава взвешенных наносов, имеющей вид

$$\zeta = -(\beta + 1) \varphi^\beta e^{-\alpha \varphi}$$

при величине параметра $\beta = -1,15$ для условий рек типа Аму-Дарьи, Сыр-Дарьи, Аракса (см. приложение 1).

Величина β зависит от геологических и гидравлических условий бассейна, α — от степени осветления исходного материала.

Как показала выполненная нами в 1948 г. проверка этого метода в натуральных условиях на отстойниках низовьев Аму-Дарьи (Кипчак-Бозсу, Клычбай и др.), расхождение результатов расчета осаднения наносов с данными природы не превышает 12—15%.

А. Н. Гостунский рекомендовал определять параметр β как логарифм отношения разности содержания частиц крупностью $w \leq 2 (\theta_2)$ и $w \leq 0,2$ мм/сек ($\theta_{0,2}$) к удесятеренному содержанию частиц гидравлической крупностью $w \leq 0,2$ мм/сек ($\theta_{0,2}$) по формуле

$$\beta = \lg \frac{\theta_2 - \theta_{0,2}}{10 \theta_{0,2}}.$$

Согласно данным фракционных анализов составов взвешенных наносов Аму-Дарьи, приведенным в Ежегодниках гидрометслужбы за период 1927—1958 гг., нами были вычислены значения параметра β за время наблюдений апрель — август:

Гидропост	Годы
Бассага-Керки	1951—1952
Керки	1935—1938 и 1952—1956
Чарджоу	1939—1941
Ильчик	1955—1958
Данишер	1938—1941
Тюямуюн	1934, 1935, 1938, 1955—1958
Ташсака (левое русло)	1927—1932, 1934, 1935—39
Ташсака (правое русло)	1928—1934, 1936—1938
Карамышташ	1931—1932, 1939—1942
Чатлы	1937—1949, 1954—1958

Осредненные значения величины β , свидетельствующие о повышенной точности определения состава наносов, помещены в табл. 1 для периодов 1927—1931, 1932—1939, 1940—1949 и 1951—1958 гг.

Таблица 1

Осредненные значения параметра β за апрель — август по гидропостам Аму-Дарьи (по данным определения фракционного состава взвешенных наносов, опубликованным в Ежегодниках гидрометслужбы)

Гидропост	β	Количество наблюдений	Период наблюдений	β	Количество наблюдений	Период наблюдений
Бассага-Керки	—	—	—	—	—	—
Керки	—	—	—	—1,32	23	1935—1938
Чарджоу	—	—	—	—1,29	5	1939
Ильчик	—	—	—	—	—	—
Данишер	—	—	—	—1,21	6	1938—1939
Тюямуюн	—	—	—	—1,32	7	1934, 1935, 1938
Ташсака (левое русло)	—1,58	18	1927—1931	—1,30	27	1932, 1934, 1939
Ташсака (правое русло)	—1,43	7	1928—1931	—1,38	17	1932—1934—1936—1938
Турткуль	—	—	—	—1,46	3	1939
Карамышташ	—1,38	3	1931	—1,46	6	1932
Чатлы	—	—	—	—1,24	10	1937—1939

Гидропост	β	Количество наблюдений	Период наблюдений	β	Количество наблюдений	Период наблюдений
Бассага-Керки	—	—	—	—0,73	22	1951—1952
Керки	—	—	—	—0,65	62	1953—1956
Чарджоу	—1,35	10	1949—1941	—	—	—
Ильчик	—	—	—	—1,09	34	1955—1956—1958
Данишер	—1,27	12	1940—1941	—	—	—
Тюямуюн	—	—	—	—0,97	17	1955—1958
Ташсака (левое русло)	—	—	—	—	—	—
Ташсака (правое русло)	—	—	—	—	—	—
Турткуль	—1,27	25	1940—1945	—	—	—
Карамышташ	—	—	—	—	—	—
Чатлы	—1,30	48	1940—1949	—1,16	26	1954—1958

Примечание. Увеличение значения параметра β у Тюямуюна объясняется особенностями этого гидропоста, где русло сужается, проходя теснину.

Данные о составе взвешенных наносов и общей мутности потока, полученные по гидропосту Керки за 1910—1914 гг., не принимались во внимание вследствие неточности отбора проб на мутность, а также несовершенства методики производства их фракционного анализа. Так, на ст. Керки в 1928—1929 гг. пробу отбирали в одной точке у берега с поверхности воды и принимали за среднюю по створу, что занижало крупность наносов.

Постепенно методика отбора проб улучшалась: в 1932—1939 гг. пробы брали уже по трем вертикалям (у берегов и по середине реки) и обрабатывали суммарно объемным и весовым способами. Одно-

временно пробы брали у берегов в постоянной точке для установления переходного коэффициента к мутности, средней по створу.

С 1951 г. как отбор проб, так и фракционный анализ состава взвешенных наносов производятся уточненными методами, что отражается на величине осредненного параметра β кривой распределения состава взвешенных наносов (см. табл. 1).

В дополнение к данным табл. 1 приводим значения величины $\bar{\beta}$, определенные для состава наносов Аму-Дарьи:

1) у головы канала Кульарык по результатам девяти наблюдений, сделанных сотрудниками ВНИИГиМа в апреле — июле 1941 г. [4], β равна $(-0,56) \div (-1,13)$, в среднем $-0,83$;

2) у головы канала Ташсака [4] для периодов:

а) май — август 1947—1949 гг. согласно результатам 16 наблюдений β составляет $(-0,98) \div (-1,51)$ при среднем значении за вегетационный период $-1,08$;

б) апрель — август 1950—1952 гг. по данным 18 наблюдений β равна $(-0,38) \div (-1,40)$ при средневзвешенной величине $\beta = -0,99$.

Как видно из табл. 1, значения параметра β для периода 1927—1949 гг. резко отличаются от значений β более позднего периода, что объясняется неточностью методики производства анализа фракционного состава взвешенных наносов, применяемой для определения гидравлической крупности наносов.

Начало уточнения методики производства анализа фракционного состава взвешенных наносов относится к периоду 1939—1941 гг., когда исследовалась работа отстойников Кипчак-Бозсу (К. М. Яблоков, 1939), Термезского и Чирчикского азотно-тукового комбината (Н. Ф. Цветикова, 1940, 1941). Эта работа была закончена в 1954 г. А. В. Ефремовым.

Сущность измененной методики заключается в правильной подготовке проб взвешенных наносов к механическому анализу, а также в устранении недостатков метода производства самого анализа.

Отбор проб мутности рекомендуется делать из потока батометром-бутылкой, прикрепленной к штанге под углом.

Не допускается сбор взвешенных наносов на фильтрах, так как это приводит к значительным потерям наносов (до 30—35%) при фильтровании и перенесении их с фильтров; к нарушению естественной агрегатности частиц при просушивании фильтров с наносами.

В случае анализа наносов, находящихся в естественных условиях, пробы рекомендуется доставлять в лабораторию в бутылках с водой из исследуемого потока и подвергать их лишь отстаиванию.

Общая мутность пробы определяется взвешиванием наносов в воде. Перевод веса наносов в воде $G_{\text{вод}}$ к весу в сухом состоянии $G_{\text{сух}}$ осуществляется по формуле

$$G_{\text{сух}} = \frac{G_{\text{вод}}}{\delta},$$

где δ — коэффициент уменьшения веса наносов в воде

$$\delta = \frac{\gamma_1 - \gamma}{\gamma_1};$$

γ_1 и γ — удельный вес наносов и воды соответственно.

Определение фракционного состава наносов производится гидравлическим методом в воде из исследуемого потока, предварительно

осветленной отстаиванием или фильтрованием; количество растворимых солей учитывается путем определения плотного остатка.

При анализе наносов концентрация исследуемой пробы должна соответствовать наблюдаемой мутности потока; при этом должна определяться максимальная крупность частиц.

Сопоставления трех методов определения фракционного состава наносов, сделанные А. В. Ефремовым путем применения сит и отмучивания наносов методом Сабанина, пипеточным методом и фракциометром А. В. Ефремова, показали невозможность использования ситового анализа и метода Сабанина как при крупных, так и при мелких взвешенных наносах вследствие значительного занижения их гидравлической крупности.

При анализе крупных наносов нельзя пользоваться также и пипеточным методом, так как при этом наблюдается неравномерное взмучивание наносов и непропорциональный отбор их пипеткой.

В случае анализа мелких наносов точность пипеточного метода повышается; этот метод рекомендуется применять для определения их фракционного состава при концентрациях наносов 2—7 г/л.

При малых навесках или концентрациях проб, равных 0,25 г/л и более, определение содержания фракций крупностью от 32 до 0,02 мм/сек рекомендуется производить фракциометром конструкции А. В. Ефремова.

Определение фракционного состава взвешенных наносов по уточненной методике позволило уточнить результаты расчета осажденных и взвешенных наносов при вычислении транспортирующей способности каналов и расчете ирригационных отстойников.

Метод расчета А. Н. Гостунского применим для составов взвешенных наносов, характеризуемых величиной $\beta < -1$. Как видно из табл. 1, для взвешенных наносов Аму-Дарьи у Бассага-Керки за период 1951—1952 гг. средневзвешенная величина $\beta = -0,73$ больше -1 , т. е. выходит за предел применимости этого метода, хотя в течение вегетационного периода на этом посту наблюдались и наносы, характеризующиеся меньшими β ($-1,05$ и даже $-1,30$). Ниже по течению Аму-Дарьи у гидропоста Чатлы β уменьшилась в среднем до $-1,16$.

В результате исследований режима наносов Аму-Дарьи, проведенных в 1952 г. Н. А. Цветковой [6], было установлено, что наибольшая средняя гидравлическая крупность наносов наблюдается у гидропоста Керки. На протяжении от Керки до гидропоста Ташсака она снижается, оставаясь в дальнейшем постоянной до гидропоста Чатлы.

В связи с изложенным появилась необходимость расширения границ применимости метода А. Н. Гостунского для значений $\beta = -1,05$, $-1,10$, $-1,20$ и $-1,30$, причем $\beta = -1,05$ характеризует составы с меньшим относительным содержанием $\Theta_{0,2}$ частиц гидравлической крупностью $w \leq 0,2$ мм/сек, а $\beta = -1,30$ — с большим относительным содержанием их, чем в составах, характеризуемых $\beta = -1,15$.

Для облегчения расчета мы составили графики зависимостей $w_1 = f(\Theta_{0,2} \text{ и } \Theta_2)$ и $Q = F(\Theta_{0,2} \text{ и } \Theta_2)$ для значений параметра $\beta = -1,05$, $-1,10$, $-1,15$, $-1,20$ и $-1,30$ и минимальной гидравлической крупности $w_1 = 0,010$, $0,015$, $0,020$ и $0,025$ (рисунок). мм/сек

В табл. 2 дан процент расхождения величины β по графику с расчетной величиной, определенной по формуле

$$\beta = \lg \frac{\Theta_2 - \Theta_{0,2}}{10\Theta_{0,2}}.$$

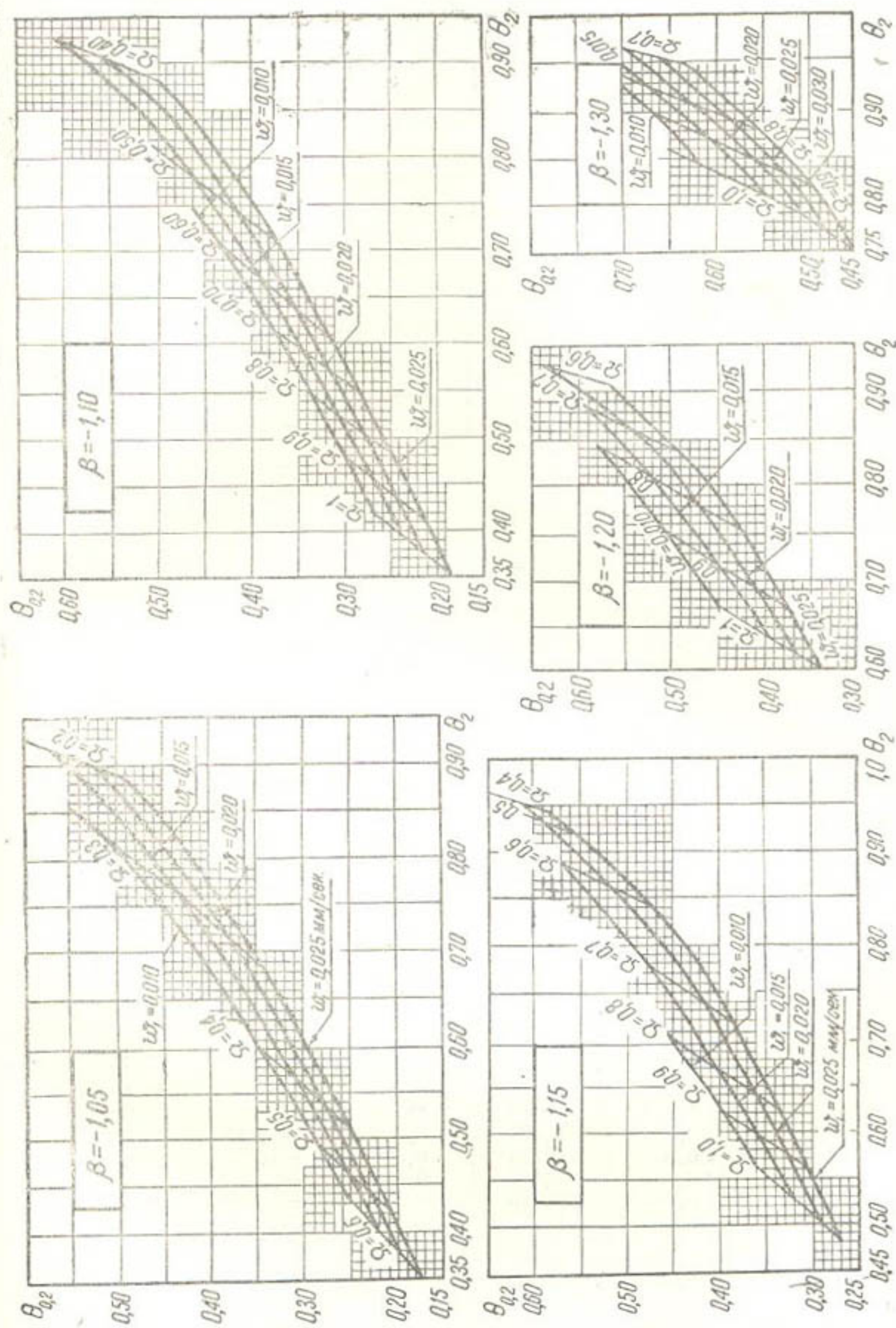


Рисунок. График для определения параметров ω_1 и Ω по заданному составу наносов.

Расхождение принятой по графику величины β с расчетной величиной*, %

Ω	w_1 мм/сек	$\theta_{0,2}$	Q_2	$\frac{\theta_{0,2}}{\theta_2}$	β	Расхождение принятой по графику β с расчетной величиной, %
$\beta = -1,05$						
0,6	0,010	0,250	0,430	0,581	-1,144	8,9
0,5		0,282	0,491	0,573	-1,150	9,5
0,4		0,345	0,600	0,575	-1,131	8,1
0,6	0,015	0,218	0,400	0,545	-1,079	2,8
0,5		0,255	0,466	0,547	-1,082	3,0
0,4		0,310	0,571	0,543	-1,075	2,4
0,3		0,430	0,760	0,566	-1,116	6,3
0,6	0,020	0,194	0,370	0,524	-1,043	-0,7
0,5		0,228	0,444	0,513	-1,013	-3,5
0,4		0,280	0,540	0,519	-1,033	-1,6
0,3		0,384	0,720	0,533	-1,054	0,4
0,2		0,520	0,900	0,578	-1,136	8,2
$\beta = -1,10$						
0,8	0,010	0,337	0,546	0,618	-1,208	9,8
0,7		0,376	0,616	0,611	-1,196	8,7
0,6		0,435	0,710	0,613	-1,200	8,3
1,0	0,015	0,238	0,395	0,602	-1,180	7,3
0,9		0,270	0,457	0,591	-1,160	5,5
0,8		0,306	0,523	0,585	-1,151	4,6
0,7		0,345	0,593	0,582	-1,144	4,0
0,6		0,391	0,671	0,583	-1,145	3,2
0,5	0,020	0,460	0,780	0,590	-1,158	5,3
1,0		0,218	0,378	0,577	-1,135	3,2
0,9		0,245	0,438	0,559	-1,103	-0,3
0,8		0,280	0,507	0,552	-1,091	-0,8
0,7		0,305	0,573	0,532	-1,056	-0,4
0,6		0,354	0,640	0,553	-1,094	-0,5
0,5		0,415	0,745	0,557	-1,097	-0,3
0,4		0,520	0,910	0,571	-1,126	-2,4
$\beta = -1,15$						
1	0,010	0,355	0,558	0,637	-1,243	8,1
0,9		0,395	0,620	0,638	-1,245	8,3
0,8		0,460	0,710	0,649	-1,265	10,0
1,0	0,015	0,316	0,524	0,604	-1,181	2,7
0,9		0,356	0,596	0,598	-1,172	1,04
0,8		0,403	0,670	0,602	-1,179	2,5
0,7		0,475	0,775	0,613	-1,200	4,3
0,6		0,570	0,885	0,645	-1,258	9,4
1,0	0,020	0,290	0,500	0,580	-1,141	-0,8
0,9		0,325	0,575	0,565	-1,115	-3,0
0,8		0,360	0,640	0,563	-1,110	-3,5
0,7		0,404	0,740	0,546	-1,080	-6,1
0,6		0,513	0,863	0,594	-1,166	1,4
0,5		0,538	0,883	0,609	-1,194	3,8

Ω	w_1 , мм/сек	$\theta_{0,2}$	θ_2	$\frac{\theta_{0,2}}{\theta_2}$	β	Расхождение принятой по графику β с расчетной ве- личиной, %
$\beta = -1,20$						
1,0	0,010	0,451	0,671	0,673	-1,313	9,4
0,9		0,508	0,753	0,675	-1,318	9,8
0,8		0,580	0,848	0,684	-1,344	12,0
1,0	0,015	0,395	0,633	0,624	-1,222	1,83
0,9		0,447	0,716	0,625	-1,221	1,75
0,8		0,520	0,807	0,645	-1,258	4,8
0,7	0,020	0,595	0,885	0,673	-1,313	9,4
1		0,364	0,614	0,594	-1,162	-3,2
0,9		0,408	0,690	0,590	-1,161	-3,2
0,8	0,020	0,472	0,810	0,584	-1,145	-4,6
0,7		0,540	0,860	0,629	-1,226	2,2
$\beta = -1,30$						
1	0,010	0,619	0,840	0,737	-1,448	11,4
0,9		0,660	0,893	0,739	-1,452	11,7
1	0,015	0,547	0,800	0,684	-1,344	3,4
0,9		0,600	0,867	0,692	-1,352	4,0
1	0,020	0,510	0,790	0,646	-1,261	-3,0
0,9		0,565	0,852	0,663	-1,296	-3,1
0,8		0,627	0,912	0,668	-1,242	-4,5

* Среднее расхождение составляет 5,7 и -2,5 %.

Как видно из табл. 2, расхождение не превышает $(+12) \div (-6,1)\%$ и составляет в среднем $(+5,7) \div (-2,5)\%$. Со снижением минимальной расчетной крупности w_1 значительно занижается точность расчета.

Наносы Аму-Дарьи характеризуются большей крупностью на участке Керки-Ташсака. Для взвешенных наносов Бассага-Керки $\beta = -1,05$, у Керки, Ильчика и Тюямуюна $\beta = -1,10$, а на участке Ташсака — Чатлы $\beta = -1,15$.

В табл. 3, 4 и 5 приведены зависимости величин α , φ и $\varphi\Omega$ от Ω при $\beta = -1,05$, $-1,10$ и $-1,20$. Данные табл. 3—5, предлагаемые графики параметров функций распределения

$$\zeta = 0,05\varphi^{-1,05} l^{-\alpha\varphi} \quad (\text{для } \beta = -1,05);$$

$$\zeta = 0,10\varphi^{-1,10} l^{-\alpha\varphi} \quad (\text{для } \beta = -1,10);$$

$$\zeta = 0,15\varphi^{-1,15} l^{-\alpha\varphi} \quad (\text{для } \beta = -1,15);$$

$$\zeta = 0,20\varphi^{-1,20} l^{-\alpha\varphi} \quad (\text{для } \beta = -1,20),$$

а также графики для определения величин w_1 и Ω по заданному составу наносов позволят решить все задачи расчета ирригационных отстойников.

Метод расчета осаждения наносов при различных значениях β аналогичен указанному в ТУиН проектирования методу расчета отстойников в случае $\beta = -1,15$.

Зависимость величин α , φ и $\varphi\Omega$ от Ω при $\beta = -1.05$

Ω	$\lg \alpha$	$\alpha \cdot 10^4$	$\lg \frac{1}{\alpha}$	$\frac{1}{\alpha}$	$\frac{e^{-\alpha}}{\Omega} - 1$	$\varphi = \frac{\beta + 1}{\alpha} \times$ $\times \left(\frac{e^{-\alpha}}{\Omega} - 1 \right)$	$\lg \varphi$	$\varphi\Omega$	$\lg \varphi\Omega$
0,606	13,363	$0,2308 \cdot 10^{-8}$	12,637	$4335 \cdot 10^9$	0,650	$1409 \cdot 10^8$	11,149	$854 \cdot 10^3$	10,931
0,60	12,600	$0,3981 \cdot 10^{-7}$	11,400	$2512 \cdot 10^8$	0,667	$838 \cdot 10^7$	9,923	$503 \cdot 10^7$	9,702
0,593	11,362	$0,2303 \cdot 10^{-6}$	10,638	$4345 \cdot 10^7$	0,686	$1490 \cdot 10^6$	9,173	$884 \cdot 10^6$	8,946
0,59	11,490	$0,3090 \cdot 10^{-6}$	10,510	$3236 \cdot 10^7$	0,690	$1116 \cdot 10^6$	9,048	$658 \cdot 10^6$	8,818
0,58	11,985	$0,9660 \cdot 10^{-6}$	10,015	$1035 \cdot 10^7$	0,724	$375 \cdot 10^6$	8,574	$218 \cdot 10^6$	8,338
0,57	10,320	$0,2090 \cdot 10^{-5}$	9,680	$4786 \cdot 10^6$	0,754	$1804 \cdot 10^5$	8,256	$1028 \cdot 10^5$	8,012
0,56	10,680	$0,4786 \cdot 10^{-5}$	9,320	$2089 \cdot 10^6$	0,785	$820 \cdot 10^5$	7,914	$459 \cdot 10^5$	7,662
0,55	9,010	$0,1023 \cdot 10^{-4}$	8,990	$9772 \cdot 10^5$	0,818	$400 \cdot 10^5$	7,602	$220 \cdot 10^5$	7,342
0,541	9,362	$0,2303 \cdot 10^{-4}$	8,638	$4345 \cdot 10^5$	0,848	$1842 \cdot 10^4$	7,265	$996 \cdot 10^4$	6,998
0,54	9,415	$0,2602 \cdot 10^{-4}$	8,585	$3846 \cdot 10^5$	0,852	$1638 \cdot 10^4$	7,214	$385 \cdot 10^4$	6,947
0,53	8,110	$0,1288 \cdot 10^{-4}$	7,890	$7762 \cdot 10^4$	0,886	3881000	6,589	$206 \cdot 10^4$	6,314
0,52	8,780	$0,6026 \cdot 10^{-3}$	7,220	$1660 \cdot 10^4$	0,923	766090	5,884	398-000	5,600
0,511	7,362	$0,2303 \cdot 10^{-2}$	3,638	$4345 \cdot 10^3$	0,957	207908	5,318	$106 \cdot 241$	5,026
0,51	7,4-0	$0,2630 \cdot 10^{-2}$	6,580	$3802 \cdot 10^3$	0,961	182686	5,261	93170	4,969
0,50	7,600	$0,3981 \cdot 10^{-2}$	6,400	$2512 \cdot 10^3$	1,000	125600	5,099	62800	4,798
0,49	7,820	$0,6607 \cdot 10^{-2}$	6,180	$1514 \cdot 10^3$	1,041	78804	4,897	38614	4,587
0,48	6,050	$0,1122 \cdot 10^{-1}$	5,950	909920	1,083	49272	4,692	23651	4,374
0,47	6,250	$0,1778 \cdot 10^{-1}$	5,750	562340	1,128	31716	4,501	14907	4,173
0,46	6,460	$0,2884 \cdot 10^{-1}$	5,540	346740	1,173	20336	4,308	9355	3,971
0,45	6,665	$0,4624 \cdot 10^{-1}$	5,335	216270	1,222	13214	4,121	5946	3,774
0,44	7,880	$0,7586 \cdot 10^{-1}$	5,120	131820	1,273	8290	3,919	3648	3,562
0,43	5,085	0,1216	4,915	82220	1,326	5451	3,736	2344	3,370
0,42	5,275	0,1884	4,725	53090	1,381	3666	3,564	1540	3,188
0,415	5,362	0,2303	4,638	43450	1,410	3063	3,486	1271	3,104
0,41	5,434	0,2716	4,566	36810	1,439	2648	3,423	1086	3,036
0,40	5,602	0,3999	4,398	25000	1,500	1875	3,273	750	2,875
0,39	5,575	0,3758	4,425	26610	1,564	2081	3,318	812	2,910
0,38	5,698	0,5010	4,302	20040	1,632	1635	3,214	621	2,793
0,37	5,842	0,7047	4,158	14390	1,703	1225	3,088	464	2,667
0,36	5,975	0,9495	4,025	10010	1,778	890	2,949	320	2,505
0,35	4,113	1,297	3,887	7709	0,9996	385	2,585	135	2,130
0,342	4,3-2	2,303	3,638	4345	1,924	418	2,621	143,0	2,155
0,34	4,384	2,421	3,616	4089	1,941	397	2,599	135,0	2,130
0,33	4,493	3,111	3,507	3214	2,030	326	2,513	107,6	2,032
0,32	4,608	4,055	3,392	2466	2,125	262	2,418	83,8	1,923
0,31	4,726	5,319	3,274	1879	2,226	209	2,320	64,8	1,812
0,30	4,839	6,893	3,161	1449	2,333	169	2,228	50,7	1,705
0,29	4,954	8,995	3,046	1112	2,448	136	2,134	39,4	1,596
0,28	3,065	11,61	2,935	861,0	2,571	111	2,045	31,1	1,493
0,27	3,180	15,14	2,820	660,7	2,700	89,2	1,950	24,1	1,382
0,26	3,294	19,68	2,706	508,2	2,838	72,1	1,858	18,75	1,273
0,254	3,362	23,03	2,638	434,5	2,927	63,6	1,803	16,15	1,208
0,25	3,404	25,14	2,596	394,5	2,989	59,0	1,771	14,75	1,169
0,24	3,507	32,14	2,493	311,2	3,150	49,0	1,690	11,76	1,070
0,23	3,610	40,74	2,390	245,5	3,330	40,9	1,612	9,41	0,974

Ω	$\lg \alpha$	$\alpha \cdot 10^4$	$\lg \frac{1}{\alpha}$	$\frac{1}{\alpha}$	$\frac{e^{-\alpha}}{\Omega} - 1$	$\varphi = \frac{\beta + 1}{\alpha} \times$ $\times \left(\frac{e^{-\alpha}}{\Omega} - 1 \right)$	$\lg \varphi$	$\varphi \Omega$	$\lg \Omega \varphi$
0,22	$\overline{3},713$	51,64	2,287	193,6	3,522	34,1	1,533	7,50	0,875
0,21	$\overline{3},816$	65,46	2,184	152,8	3,730	28,5	1,455	5,99	0,777
0,20	$\overline{3},919$	82,98	2,081	120,5	3,958	23,8	1,377	4,76	0,678
0,19	$\overline{2},022$	105,2	1,978	95,1	4,205	20,0	1,301	3,80	0,580
0,18	$\overline{2},123$	132,7	1,877	75,3	4,480	16,9	1,228	3,04	0,483
0,17	$\overline{2},223$	167,1	1,777	59,8	4,782	14,3	1,155	2,43	0,386
0,16	$\overline{2},331$	214,3	1,669	46,7	5,115	11,9	1,076	1,904	0,280
0,157	$\overline{2},362$	230,1	1,638	43,4	5,222	11,3	1,053	1,774	0,249
0,15	$\overline{2},432$	270,4	1,568	37,0	5,487	10,1	1,004	1,515	0,180
0,14	$\overline{2},532$	340,4	1,468	29,4	5,900	8,67	0,938	1,214	0,084
0,13	$\overline{2},632$	428,6	1,368	23,3	6,365	7,42	0,870	0,965	1,985
0,12	$\overline{2},732$	539,5	1,268	18,5	6,892	6,38	0,805	0,766	1,884
0,11	$\overline{2},832$	679,2	1,168	14,7	7,491	5,51	0,741	0,606	1,782
0,10	$\overline{2},932$	855,1	1,068	11,7	8,180	4,79	0,680	0,479	1,680

Расчет осаждения наносов следует производить не по какому-то отдельно наблюденному составу наносов, а по среднемесячному или среднедекадному составу среднесноголетнего по мутности года. Выбранные размеры отстойника затем проверяются для условий работы в максимальный по мутности год.

Анализ состава наносов в каналах Кызкеткенской оросительной системы ККАССР по данным ее исследования в 1952—1953 гг. позволил определить величину β и для ее ирригационной сети — магистрального канала, ее ветвей и распределителей.

Изменение характера потока (река или каналы разной крупности с различной степенью турбулентности потока) сказывается на величине β . Так, взвешенные наносы Кызкеткенской системы, по данным И. И. Горошкова (САНИИРИ) за июнь-июль максимального по мутности 1952 г. для магистрального канала с расходом $Q = 116 \text{ м}^3/\text{сек}$; $R = 2,1-2,2 \text{ м}$; средней скоростью $V = 0,98-0,96 \text{ м/сек}$ при мутности $\rho = 4,5-4,7 \text{ кг/м}^3$ по 19 замерам величина β равна $-1,11$ (при расчетах используются графики и таблицы для $\beta = -1,10$).

Для ветви Кегейли с расходом $Q = 44 \text{ м}^3/\text{сек}$, $R = 1,91 \text{ м}$, $V = 0,79 \text{ м/сек}$ при мутности $4,66 \text{ кг/м}^3$ согласно результатам 13 наблюдений β составляет $-1,17$ (при расчетах используются график и таблица для $\beta = -1,15$).

Для ветви Кегейли при расходе $Q = 9,8 \text{ м}^3/\text{сек}$, $R = 1,07 \text{ м}$, $v = 0,60 \text{ м/сек}$; $\rho = 5,4 \text{ кг/м}^3$ по данным 9 наблюдений β равна $-1,21$ (используются графики и табл. для $\beta = -1,20$).

Для меньших каналов с расходом $Q = 1,1-1,4 \text{ м}^3/\text{сек}$; $R = 0,64-0,56 \text{ м}$; $v = 0,28-0,39 \text{ м/сек}$; $\rho = 2,76-3,87 \text{ кг/м}^3$ по данным 11 наблюдений $\beta = -1,37-1,22$ (используются таблицы и графики для $\beta = -1,20$ или $-1,30$). Для каналов расчетная величина β выбирается с наибольшей повторяемостью по времени.

В табл. 6 даны зависимости величин α , φ и $\varphi \Omega$ для параметра $\beta = 1,30$, аналогичные приведенным в табл. 3—5 для других β .

Метод расчета осаждаемых наносов в отстойниках при различных значениях величины β подобен указанному в ТУиН проектирования и расчета ирригационных отстойников.

Таблица 4

Зависимость величин α , φ и $\varphi\Omega$ от Ω при $\beta=-1,10$

Ω	$\lg \alpha$	$\alpha \cdot 10^4$	$\lg \frac{1}{\alpha}$	$\frac{1}{\alpha}$	$\frac{e^{-\alpha}}{\Omega}-1$	$= \frac{\beta+1}{\alpha} \left(\frac{e^{-\alpha}}{\Omega}-1 \right)$	$\lg \varphi$	$\varphi\Omega$	$\lg \varphi\Omega$
0,85	8,46	$0,2884 \cdot 10^{-3}$	7,54	34700000	0,177	613731	5,788	521671	5,717
0,84	8,70	$0,5012 \cdot 10^{-3}$	7,30	19950000	0,190	379090	5,579	318436	5,603
0,83	8,98	$0,9550 \cdot 10^{-3}$	7,02	10470000	0,205	214660	5,332	118168	5,073
0,82	7,22	$0,1660 \cdot 10^{-2}$	6,78	6026000	0,220	132530	5,122	108675	5,036
0,81	7,44	$0,2754 \cdot 10^{-2}$	6,56	3631000	0,235	85330	4,931	69117	4,840
0,80	7,62	$0,4169 \cdot 10^{-2}$	6,98	2399000	0,250	59975	4,778	47980	4,681
0,79	7,83	$0,6761 \cdot 10^{-2}$	6,17	1479000	0,266	39341	4,595	31079	4,492
0,78	6,01	$0,1023 \cdot 10^{-1}$	5,99	977200	0,282	27557	4,430	21494	4,332
0,77	6,20	$0,1585 \cdot 10^{-1}$	5,80	631000	0,300	18930	4,275	14576	4,164
0,76	6,36	$0,2291 \cdot 10^{-1}$	5,64	436500	0,316	13793	4,140	10483	4,020
0,75	6,50	$0,3162 \cdot 10^{-1}$	5,50	316200	0,333	10540	4,023	7905	3,898
0,74	6,64	$0,4365 \cdot 10^{-1}$	5,36	229100	0,351	8041	3,905	5950	3,775
0,73	6,76	$0,5754 \cdot 10^{-1}$	5,24	173800	0,370	6431	3,808	4695	3,672
0,72	6,89	$0,7762 \cdot 10^{-1}$	5,11	128800	0,389	5010	3,700	3607	3,557
0,71	5,01	0,1023	4,99	97720	0,408	3987	3,601	2831	3,452
0,70	5,11	0,1088	4,89	77620	0,429	3330	3,522	2331	3,368
0,69	5,22	0,1660	4,78	60260	0,449	2706	3,432	1867	3,271
0,68	5,33	0,2138	4,67	46770	0,467	2184	3,339	1485	3,172
0,67	5,43	0,2692	4,57	37150	0,493	1831	3,263	1227	3,089
0,66	5,53	0,3384	4,47	29510	0,515	1520	3,182	1003	3,001
0,65	5,62	0,4169	4,38	23990	0,538	1291	3,111	839	2,914
0,64	5,71	0,5129	4,29	19500	0,562	1096	3,040	701	2,846
0,63	5,81	0,6457	4,19	15480	0,587	908,7	2,958	572	2,757
0,62	5,90	0,7943	4,10	12590	0,613	771,8	2,888	479	2,680
0,61	5,98	0,9550	4,02	10470	0,639	669,0	2,825	408	2,611
0,60	4,07	1,174	3,93	8511	0,667	567,7	2,754	341	2,533
0,59	4,15	1,413	3,85	7079	0,695	492,0	2,692	290	2,462
0,58	4,24	1,738	3,76	5754	0,724	416,6	2,620	242	2,384
0,57	4,33	2,138	3,67	4677	0,752	351,7	2,546	200	2,301
0,56	4,40	2,512	3,60	3981	0,786	312,9	2,495	175,2	2,244
0,55	4,49	3,090	3,51	3236	0,818	264,7	2,423	145,6	2,163
0,54	4,57	3,715	3,43	2692	0,852	229,4	2,361	123,9	2,093
0,53	4,64	4,365	3,36	2291	0,887	203,2	2,308	107,7	2,032
0,52	4,72	5,248	3,28	1905	0,923	175,8	2,245	91,4	1,961
0,51	4,80	6,310	3,20	1585	0,961	152,3	2,183	77,7	1,890
0,50	4,87	7,413	3,13	1319	1,000	134,9	2,130	67,4	1,829
0,49	4,96	9,120	3,04	1096	1,041	114,1	2,057	55,9	1,747
0,48	3,04	10,96	2,96	912,0	1,083	98,77	1,995	47,4	1,676
0,47	3,11	12,88	2,89	776,2	1,128	87,56	1,942	41,15	1,614
0,46	3,20	15,85	2,80	631,0	1,174	74,68	1,870	35,56	1,551
0,45	3,27	18,62	2,73	537,0	1,222	67,72	1,831	30,47	1,484
0,44	3,36	22,91	2,64	436,5	1,270	55,44	1,744	24,39	1,387
0,43	3,39	24,55	2,61	407,4	1,320	53,78	1,731	23,13	1,364
0,42	3,45	28,18	2,55	354,8	1,374	48,75	1,688	20,48	1,311
0,41	3,51	32,36	2,49	309,0	1,431	44,22	1,646	18,13	1,258
0,40	3,56	36,31	2,44	275,4	1,490	41,03	1,613	16,41	1,215

Ω	$\lg \alpha$	$\alpha \cdot 10^4$	$\lg \frac{1}{\alpha}$	$\frac{1}{\alpha}$	$\frac{e^{-\alpha}}{\Omega} - 1$	$\varphi = \frac{\beta+1}{\alpha} \frac{e^{-\alpha}}{\Omega} - 1$	$\lg \varphi$	$\varphi \Omega$	$\lg \varphi \Omega$
0,39	$\overline{3,63}$	42,66	2,37	234,4	1,553	36,40	1,561	14,20	1,152
0,38	$\overline{3,69}$	48,98	2,31	199,5	1,618	32,28	1,509	12,26	1,088
0,37	$\overline{3,75}$	56,23	2,25	177,8	1,688	30,01	1,477	11,10	1,045
0,36	$\overline{3,80}$	63,10	2,20	158,5	1,761	27,91	1,436	10,05	1,002
0,35	$\overline{3,86}$	72,44	2,14	138,0	1,837	25,35	1,404	8,87	0,948
0,34	$\overline{3,92}$	83,18	2,08	120,2	1,918	23,05	1,363	7,84	0,894
0,33	$\overline{3,97}$	93,33	2,03	107,2	2,002	21,46	1,332	7,08	0,850
0,32	$\overline{2,03}$	107,2	1,97	93,33	2,091	19,52	1,290	6,25	0,796
0,31	$\overline{2,08}$	120,2	1,92	83,17	2,187	18,39	1,265	5,70	0,756
0,30	$\overline{2,14}$	138,0	1,86	72,44	2,287	16,57	1,219	4,97	0,696
0,29	$\overline{2,19}$	154,9	1,81	64,55	2,393	15,45	1,189	4,48	0,651
0,28	$\overline{2,25}$	177,8	1,75	56,23	2,507	14,10	1,149	3,95	0,597
0,27	$\overline{2,30}$	199,5	1,70	50,12	2,630	13,183	1,120	3,559	0,551
0,26	$\overline{2,36}$	229,1	1,64	43,65	2,758	12,039	1,081	3,130	0,496
0,25	$\overline{2,42}$	263,0	1,58	38,02	2,886	10,973	1,040	2,743	0,438
0,24	$\overline{2,48}$	302,0	1,52	33,11	3,042	9,556	0,980	2,293	0,360
0,23	$\overline{2,54}$	346,7	1,46	28,24	3,196	9,217	0,965	2,120	0,326
0,22	$\overline{2,61}$	407,4	1,39	24,55	3,364	8,259	0,917	1,817	0,259
0,21	$\overline{2,67}$	467,7	1,33	21,38	3,543	7,582	0,880	1,592	0,202
0,20	$\overline{2,74}$	549,5	1,26	18,20	3,735	6,798	0,852	1,360	0,134
0,19	$\overline{2,80}$	631,0	1,20	15,85	3,942	6,248	0,796	1,187	0,074
0,18	$\overline{2,84}$	691,8	1,16	14,46	4,183	6,044	0,781	1,088	0,037
0,17	$\overline{2,93}$	851,1	1,07	11,75	4,400	5,170	0,713	0,879	1,944
0,16	$\overline{1,00}$	1000	1,00	10,00	4,656	4,656	0,668	0,745	1,872
0,15	$\overline{1,06}$	1148	0,94	8,71	4,973	4,331	0,637	0,640	1,806
0,14	$\overline{1,12}$	1318	0,88	7,59	5,257	3,990	0,601	0,559	1,747
0,13	$\overline{1,19}$	1549	0,81	6,46	5,585	3,608	0,557	0,469	1,671
0,12	$\overline{1,26}$	1820	0,74	5,50	5,942	3,262	0,513	0,391	1,592
0,11	$\overline{1,33}$	2138	0,67	4,68	6,345	2,969	0,473	0,327	1,515
0,10	$\overline{1,40}$	2512	0,60	3,93	6,780	2,705	0,432	0,270	1,431

Таблица 5

Зависимость величин α , φ и $\varphi\Omega$ от Ω при $\beta = -1,20$

Ω	$\lg \alpha$	$\alpha \cdot 10^4$	$\lg \frac{1}{\alpha}$	$\frac{1}{\alpha}$	$\frac{1-\alpha}{\Omega} - 1$	$\varphi = \frac{\beta+1}{\alpha} \frac{e^{-\alpha}}{\Omega} - 1$	$\lg \varphi$	$\varphi\Omega$	$\lg \varphi\Omega$
0,945	$\overline{6,59}$	0,0391	5,41	256000	0,0583	2982	3,475	2818	3,450
0,94	$\overline{6,80}$	0,0631	5,20	158500	0,0638	2022	3,306	1901	3,279
0,93	$\overline{5,00}$	0,1000	5,00	100000	0,0752	1504	3,177	1399	3,146
0,92	$\overline{5,16}$	0,145	4,84	69200	0,0869	1202	3,080	1106	3,044
0,91	$\overline{5,32}$	0,209	4,68	47900	0,0989	946	2,976	861	2,935
0,90	$\overline{5,48}$	0,302	4,52	33100	0,1111	736	2,867	662	2,821
0,89	$\overline{5,60}$	0,398	4,40	25100	0,1235	620	2,793	552	2,742
0,88	$\overline{5,74}$	0,550	4,26	18200	0,1364	496	2,695	437	2,640
0,87	$\overline{5,84}$	0,692	4,16	14450	0,1494	432	2,635	376	2,575
0,86	$\overline{5,97}$	0,933	4,03	10720	0,1627	349	2,542	300	2,477
0,85	$\overline{4,08}$	1,202	3,92	8320	0,1764	293	2,467	249	2,397
0,84	$\overline{4,20}$	1,585	3,80	6310	0,1904	240	2,381	202	2,305
0,83	$\overline{4,29}$	1,950	3,71	5130	0,205	210	2,322	174,2	2,241
0,82	$\overline{4,40}$	2,51	3,60	3980	0,220	175	2,242	143,3	2,156
0,81	$\overline{4,50}$	3,16	3,50	3160	0,234	148	2,171	120,1	2,080
0,80	$\overline{4,58}$	3,80	3,42	2630	0,250	132	2,119	105,2	2,022
0,79	$\overline{4,66}$	4,47	3,34	2190	0,266	119	2,076	94,0	1,973
0,78	$\overline{4,74}$	5,50	3,26	1820	0,282	103	2,001	80,0	1,903
0,77	$\overline{4,80}$	6,31	3,20	1585	0,299	94,6	1,976	72,9	1,863
0,76	$\overline{4,87}$	7,41	3,13	1349	0,316	85,1	1,920	64,7	1,811
0,75	$\overline{4,95}$	8,91	3,05	1122	0,333	74,8	1,874	56,1	1,749
0,74	$\overline{3,00}$	1000	2,00	100	0,351	70,3	1,847	52,0	1,716
0,73	$\overline{3,09}$	12,30	2,91	813	0,368	59,8	1,777	43,7	1,640
0,72	$\overline{3,15}$	14,12	2,85	708	0,387	54,8	1,739	39,4	1,596
0,71	$\overline{3,21}$	16,22	2,79	617	0,402	49,6	1,695	35,2	1,547
0,70	$\overline{3,26}$	18,20	2,74	550	0,426	46,8	1,670	32,7	1,515
0,69	$\overline{3,32}$	20,90	2,68	479	0,446	42,7	1,630	29,5	1,469
0,68	$\overline{3,39}$	24,6	2,61	407	0,467	38,0	1,580	27,0	1,431
0,67	$\overline{3,45}$	28,2	2,55	355	0,488	34,6	1,540	23,2	1,366
0,66	$\overline{3,50}$	31,6	2,50	316	0,510	32,3	1,509	21,3	1,328
0,65	$\overline{3,56}$	36,3	2,44	275	0,533	29,4	1,468	19,08	1,281
0,64	$\overline{3,61}$	40,7	2,39	245	0,556	27,3	1,436	17,46	1,242
0,63	$\overline{3,66}$	45,7	2,34	219	0,580	25,4	1,404	15,98	1,204
0,62	$\overline{3,73}$	53,7	2,27	186,2	0,604	22,5	1,352	13,94	1,144
0,61	$\overline{3,78}$	60,3	2,22	166,0	0,630	20,9	1,320	12,74	1,105
0,60	$\overline{3,83}$	67,6	2,17	147,9	0,656	18,77	1,273	11,26	1,052
0,59	$\overline{3,88}$	75,9	2,12	131,8	0,682	17,98	1,255	10,61	1,026
0,58	$\overline{3,94}$	87,1	2,06	114,8	0,709	16,28	1,212	9,44	0,975
0,57	$\overline{3,97}$	93,3	2,03	107,2	0,734	15,74	1,197	8,97	0,953
0,56	$\overline{2,03}$	107,2	1,97	93,3	0,767	14,34	1,157	8,03	0,906
0,55	$\overline{2,06}$	114,8	1,94	87,1	0,797	13,88	1,142	7,63	0,883
0,54	$\overline{2,11}$	128,8	1,89	77,6	0,828	12,85	1,109	6,94	0,841
0,53	$\overline{2,15}$	141,2	1,85	70,8	0,860	12,17	1,085	6,45	0,810
0,52	$\overline{2,20}$	158,5	1,80	63,1	0,893	11,26	1,052	5,86	0,768
0,51	$\overline{2,24}$	173,8	1,76	57,5	0,927	10,66	1,028	5,44	0,736
0,50	$\overline{2,28}$	190,6	1,72	52,5	0,962	10,09	1,004	5,04	0,702

Ω	$\lg \alpha$	$\alpha \cdot 10^4$	$\lg \frac{1}{\alpha}$	$\frac{1}{\alpha}$	$\frac{e^{-\alpha}}{\Omega} - 1$	$\varphi = \frac{\beta + 1}{\alpha} \frac{e^{-\alpha}}{\Omega} - 1$	$\lg \varphi$	$\varphi \Omega$	$\lg \varphi \Omega$
0,49	$\overline{2,33}$	213,8	1,67	46,8	0,998	9,33	0,970	4,57	0,660
0,48	$\overline{2,36}$	229,1	1,64	43,6	1,036	9,05	0,957	4,34	0,637
0,47	$\overline{2,40}$	251,2	1,60	39,8	1,075	8,56	0,932	4,02	0,604
0,46	$\overline{2,44}$	275,4	1,56	36,3	1,115	8,09	0,908	3,72	0,571
0,45	$\overline{2,47}$	295,2	1,53	33,9	1,158	7,85	0,895	3,53	0,548
0,44	$\overline{2,52}$	331,2	1,48	30,2	1,199	7,24	0,860	3,18	0,502
0,43	$\overline{2,55}$	354,8	1,45	28,2	1,245	7,02	0,846	3,02	0,480
0,42	$\overline{2,58}$	380,2	1,42	26,3	1,292	6,79	0,832	2,85	0,455
0,41	$\overline{2,62}$	416,9	1,38	24,0	1,340	6,43	0,808	2,64	0,422
0,40	$\overline{2,65}$	446,7	1,35	22,4	1,391	6,23	0,794	2,49	0,396
0,39	$\overline{2,70}$	501,2	1,30	20,0	1,439	6,13	0,787	2,43	0,386
0,38	$\overline{2,74}$	549,6	1,26	18,20	1,491	5,69	0,755	2,16	0,334
0,37	$\overline{2,76}$	575,5	1,24	17,38	1,552	5,38	0,731	1,99	0,299
0,36	$\overline{2,80}$	631,0	1,20	15,85	1,608	5,09	0,707	1,83	0,262
0,35	$\overline{2,84}$	691,9	1,16	14,46	1,666	4,82	0,683	1,68	0,225
0,34	$\overline{2,37}$	741,4	1,13	13,49	1,731	4,66	0,668	1,58	0,199
0,33	$\overline{2,91}$	812,9	1,09	12,30	1,794	4,41	0,664	1,46	0,164
0,32	$\overline{2,95}$	891,3	1,05	11,22	1,858	4,16	0,619	1,33	0,124
0,31	$\overline{2,99}$	917,3	1,01	10,23	1,925	3,93	0,594	1,22	0,086
0,30	$\overline{1,62}$	1047	0,98	9,55	2,002	3,82	0,582	1,15	0,061
0,29	$\overline{1,06}$	1148	0,94	8,71	2,074	3,61	0,557	1,05	0,021
0,28	$\overline{1,10}$	1259	0,90	7,94	2,149	3,39	0,530	0,95	1,978
0,27	$\overline{1,14}$	1380	0,86	7,24	2,226	3,20	0,505	0,86	1,934
0,26	$\overline{1,16}$	1445	0,84	6,92	2,328	3,21	0,507	0,83	1,919
0,25	$\overline{1,20}$	1585	0,80	6,31	2,414	3,04	0,483	0,76	1,881
0,24	$\overline{1,21}$	1622	0,79	6,16	2,543	3,13	0,496	0,75	1,875
0,23	$\overline{1,25}$	1778	0,75	5,62	2,640	2,96	0,471	0,68	1,833
0,22	$\overline{1,28}$	1906	0,72	5,25	2,757	2,87	0,458	0,63	1,799
0,21	$\overline{1,32}$	2089	0,68	4,79	2,864	2,79	0,435	0,57	1,756
0,20	$\overline{1,35}$	2239	0,65	4,47	2,997	2,67	0,427	0,53	1,724

$$\varphi = \frac{\beta+1}{\alpha} \left(\frac{e^{-\alpha}}{\beta} - 1 \right)$$

Таблица 6

Зависимость величин α , φ и $\varphi\Omega$ от Ω при $\beta = -1,30$

Ω	$\lg \alpha$	$\alpha \cdot 10^4$	$\lg \frac{1}{\alpha}$	$\frac{1}{\alpha}$	$\frac{e^{-\alpha}}{\Omega} - 1$	$\varphi = \frac{l^{-\alpha}}{\Omega} - 1 \left(\frac{\beta+1}{\alpha} \right)$	$\lg \varphi$	$\varphi\Omega$	$\lg \varphi\Omega$
1,0	5,061	0,1151	4,939	86900					
0,99	5,400	0,2512	4,600	39810	0,010	119,43	2,077	118,24	2,073
0,98	5,705	0,5065	4,295	19720	0,020	118,84	2,075	116,46	2,066
0,97	5,840	0,6920	4,160	14450	0,031	117,06	2,069	113,55	2,055
0,96	4,040	1,094	3,960	9141	0,042	100,09	2,0004	96,09	1,983
0,95	4,200	1,585	3,800	6310	0,053	89,41	1,951	84,94	1,929
0,94	4,362	2,303	3,638	4345	0,064	83,39	1,921	78,39	1,894
0,93	4,480	3,050	3,520	3310	0,075	74,50	1,872	69,28	1,841
0,92	4,600	3,981	3,400	2512	0,086	64,80	1,812	59,62	1,775
0,91	4,705	5,070	3,295	1972	0,098	58,65	1,768	53,37	1,727
0,90	4,820	6,607	3,180	1514	0,110	49,94	1,698	44,95	1,653
0,89	4,915	8,222	3,085	1217	0,123	44,35	1,647	39,47	1,596
0,88	3,000	10,00	3,000	1000	0,135	40,50	1,607	35,64	1,552
0,87	3,080	12,02	2,920	832	0,148	36,93	1,567	32,13	1,507
0,86	3,160	14,48	2,840	692	0,161	33,41	1,524	28,73	1,458
0,85	3,230	16,98	2,770	589	0,174	30,73	1,488	26,12	1,417
0,84	3,290	19,50	2,710	513	0,188	28,91	1,461	24,28	1,385
0,83	3,362	23,01	2,638	435	0,202	26,32	1,420	21,84	1,339
0,82	3,400	25,10	2,600	398	0,216	25,79	1,411	21,15	1,325
0,81	3,460	28,84	2,540	347	0,231	24,02	1,390	19,45	1,289
0,80	3,510	32,36	2,490	309,0	0,246	23,34	1,368	18,67	1,271
0,79	3,550	35,89	2,450	282	0,261	22,08	1,344	17,44	1,242
0,78	3,610	40,74	2,390	245,5	0,277	19,93	1,300	15,54	1,191
0,77	3,650	44,67	2,350	223,8	0,292	19,36	1,287	14,91	1,173
0,76	3,700	50,12	2,300	199,5	0,309	18,49	1,267	14,05	1,147
0,75	3,750	56,23	2,250	177,8	0,326	17,45	1,242	13,09	1,117
0,74	3,800	63,10	2,200	158,5	0,343	16,31	1,212	12,07	1,082
0,73	3,840	69,18	2,160	144,6	0,360	15,61	1,193	11,39	1,043
0,72	3,890	77,62	2,110	128,8	0,378	14,60	1,164	10,51	1,022
0,71	3,930	85,11	2,070	117,5	0,396	13,89	1,143	9,86	0,994
0,70	3,960	91,20	2,040	109,6	0,415	13,04	1,115	9,13	0,960

Таблица 7

Зависимость гидравлической крупности от диаметра частиц
мелких наносов (уд. в. 2,65) при различных температурах

(Вспомогательная таблица)

Диаметр частиц, мм	Гидравлическая крупность частиц наносов мм/сек при температуре воды				
	10°	15°	20°	25°	30°
0,001	0,00068	0,00079	0,0009	0,001	0,0011
0,01	0,068	0,079	0,09	0,10	0,11
0,15	0,154	0,178	0,21	0,225	0,253
0,02	0,274	0,316	0,360	0,400	0,450
0,05	1,717	1,973	2,270	2,500	2,812
0,07	2,51	2,88	3,25	3,65	4,10
0,10	5,12	5,88	6,63	7,44	8,37
0,15	11,50	13,25	14,90	16,75	18,34
0,20	17,11	18,76	20,42	22,06	23,72
0,30	28,31	29,96	31,62	33,26	34,92
0,40	39,51	41,16	42,92	44,46	46,12
0,50	50,71	52,36	54,02	55,66	57,32
0,60	61,91	63,56	65,22	66,86	68,52
0,70	73,11	74,76	76,42	78,06	79,72
0,80	84,31	85,96	87,62	89,26	90,92
0,90	95,71	97,36	99,02	100,46	102,12
1,00	106,71	108,36	110,02	111,66	113,32
1,20	129,11	130,76	132,42	134,06	135,72
1,50	162,71	164,36	166,02	167,66	169,32

Примечание. Температура воды для частиц диаметром более 1,5 мм не влияет на их гидравлическую крупность.

Таблица 8

Гидравлические крупности частиц диаметром более 1,5 мм
(вспомогательная таблица)

d , мм	w , мм/сек	d , мм	w , мм/сек	d , мм	w , мм/сек	d , мм	w , мм/сек
2	190,0	5	300,0	8	380,0	20	602
3	232,5	6	329,0	10	425,0	25	672
4	268,5	7	355,0	15	520,0	30	736

Примечание. Для частиц диаметром менее 0,05 мм гидравлическая крупность принята по шкале Стокса и более 0,05 мм—по шкале Гончарова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефремов А. В. Методика изучения взвешенных наносов, Труды САНИИРИ, вып. 87, Ташкент, 1957.
2. Ефремов А. В. Результаты проверки формул транспортирующей способности потока, Труды САНИИРИ, вып. 91, Ташкент, 1958.
3. Временная инструкция по очистке каналов от наносов (составлена отделом механизации САНИИРИ), т. I, гл. 4, раздел Б, Ташкент, изд. Минводхоз и СНИГ, 1956.
4. Хачатрян А. Г. Отстойники на оросительных системах, М., Сельхозгиз, 1957.
5. Цветкова Н. А. Наносы Аму-Дарьи, В сб. „Вопросы гидротехники“, вып. 1, Ташкент, 1955; то же, вып. 13, 1963.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- Q — расход воды, $\text{м}^3/\text{сек}$;
 q — погонный расход воды, $\text{м}^3/\text{сек} \cdot \text{м}$;
 v — средняя скорость по сечению, $\text{м}/\text{сек}$;
 h — глубина воды, м ;
 b — ширина по дну, м ;
 B — ширина зеркала воды, м ;
 l — длина, м ;
 F — площадь живого сечения, м^2 ;
 R — гидравлический радиус, м ;
 i — гидравлический уклон;
 m — коэффициент откосов;
 n — коэффициент шероховатости;
 C — коэффициент скорости, $\text{м}^{1/2}/\text{сек}$;
 ρ — общая мутность, $\text{кг}/\text{м}^3$;
 γ_1 — удельный вес материала частиц наносов;
 γ — удельный вес воды;
 $\delta = \frac{\gamma_1 - \gamma}{\gamma_1}$ — коэффициент, учитывающий уменьшение веса наносов в воде (коэффициент Архимеда);
 p — процентное содержание наносов;
 w — гидравлическая крупность частицы наносов, $\text{м}/\text{сек}$;
 $\bar{w}$ — средняя гидравлическая крупность состава наносов, $\text{м}/\text{сек}$;
 w_1 — минимальная расчетная гидравлическая крупность состава наносов, $\text{м}/\text{сек}$;
 $\varphi = \frac{w}{w_1}$ — относительная гидравлическая крупность;
 Θ_w — относительное содержание наносов с гидравлической крупностью не крупнее w (например, $\Theta_{0,2}$ — относительное содержание наносов не крупнее $w = 0,2 \text{ мм}/\text{сек}$);
 $\lambda = \delta p \bar{w}$ — нагрузка потока взвешенными наносами, $\text{кг}/\text{м}^2 \text{сек}$;
 w — взвешивающая (транспортирующая) способность потока;
 Ω — параметр кривой распределения наносов, характеризующий объем совокупности;
 α — параметр кривой распределения состава наносов, зависящий от степени осветления исходного состава наносов;
 β — параметр кривой распределения состава наносов, зависящий от гидрологических условий бассейна;
 $\rho_0, w_0, \lambda_0, \Omega_0, \alpha_0$ — значок 0 в индексе указывает, что данная величина относится к начальному состоянию (вход в отстойник);
 $\rho_{\sim}, w_{\sim}, \lambda_{\sim}, \Omega_{\sim}, \alpha_{\sim}$ — значок $\sim$ в индексе указывает, что данная величина относится к критическому состоянию;
 $\omega = \frac{\rho}{\rho_0} = \frac{\Omega}{\Omega_0}$ — степень осветления потока;
 y — ордината кривой распределения состава наносов;
 ζ — то же, но при безразмерных величинах;
 e — основание натуральных логарифмов;
 P — вес отложившихся в отстойнике наносов, кг ;
 V — объем отложившихся в отстойнике наносов, м^3 ;
 Δ — толщина слоя отложившихся наносов, м .

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие

Глава I. Общие положения	8
Назначение отстойника и предъявляемые к нему требования	8
Краткая классификация отстойников	9
Основные схемы компоновки отстойника	9
Стадии проектирования и содержание проекта	11
Исходные данные для проектирования отстойников	11
Требования, предъявляемые к фракционному анализу наносов	11
Условия эксплуатации отстойника	12
Глава II. Расчет отстойника при турбулентном режиме потока	13
Задача расчета отстойников	13
Расчетная мутность при входе в отстойник и ее фракционный состав	13
Транспортирующая (взвешивающая) способность защищаемого отстойником канала	13
Рекомендуемый метод и порядок расчета отстойников	16
Определение параметров кривой распределения заданного состава наносов при входе в отстойник	18
Определение средней гидравлической крупности состава наносов	19
Определение нагрузки потока наносами	19
Определение основных размеров отстойника	20
Определение параметров Ω_1 и α_1 кривой распределения состава наносов на выходе из отстойника и Ω_2 и α_2 , соответствующих взвешивающей способности отстойника	22
Определение требуемой длины отстойника	24
Определение изменения мутности, ее фракционного состава и толщины слоя отложений по длине отстойника	25
Глава III. Годовой режим работы отстойника с механизированной очисткой	27
Глава IV. Пример расчета ирригационного отстойника	30
Приложение 1. А. Н. Гостунский.	
Гидравлический расчет ирригационных отстойников	36
Приложение 2. Н. Ф. Цветикова.	
К выбору величины β для расчета ирригационных отстойников по методу А. Н. Гостунского	51
Литература	65
Условные обозначения	66