

~~С - 316842~~

Инж. М. М. ДВОРЕЦКИЙ

Д В И Ж Е Н И Е В КАНАЛИЗАЦИОННЫХ КАНАЛАХ ПЕСКА И ТРЯПЬЯ И ПРИЕМЫ ИХ УЛАВЛИВАНИЯ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД

ИЗДАТЕЛЬСТВО НАРКОМХОЗА РСФСР

1940

~~С-316842~~

Инж. М. М. ДВОРЕЦКИЙ

628

Д243.

Д В И Ж Е Н И Е
В КАНАЛИЗАЦИОННЫХ
КАНАЛАХ ПЕСКА И ТРЯПЬЯ
И ПРИЕМЫ ИХ УЛАВЛИВАНИЯ
ИЗ СТОЧНЫХ ВОД

(Наблюдения и эксперименты
над песколовками и решетками)

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА

ИЗДАТЕЛЬСТВО НАРКОМХОЗА РСФСР
МОСКВА 1940 ЛЕНИНГРАД



81517
4/303049

1954
Настоящий труд является первой научной работой в опытных и эксплуатационных условиях сооружений, задерживающих из канализационной жидкости песок и глина. Сооружения эти играют значительную роль среди прочих сооружений для механической очистки сточных вод, поэтому вопрос изучения их работы имеет большое практическое значение для их проектирования. Попутно автор касается и вопроса движения твердых веществ сточной жидкости в каналах, не освещенного в достаточной степени ни в советской, ни в заграничной научной литературе.

Книга найдет читателей среди инженеров и техников, работающих в области очистки сточных вод, и будет полезна для проектирования песколовок и решеток.

Редактор А. В. Кастельский.

Тех. редактор А. П. Горкун.

Уполн. Главлита № А—27526. Тираж 3000. Заказ тип. 710. К-02. Издат. № 119. Бумага 60×92¹/₂. Печ. л. 3,5. Зв. в 1 печ. л. 75747. Уч.-изд. л. 6,60. Сдано в набор 2/II 1940 г. Подписано к печати 4/IV 1940 г.

1-я Образцовая типография Огиза РСФСР треста «Полиграфкнига». Москва, Валовая, 28.

Отпечатано с матриц в типографии изд-ва «Московский рабочий». Петровка, 17. Заказ 161.

ВВЕДЕНИЕ

Любое явление в движении компонентов сточной жидкости в каналах представляется результатом воздействия движущей силы текущей жидкости и сил равнообразных сопротивлений, оказываемых отдельными компонентами силы, их движущей.

Каждому отдельному участку живого потока соответствует особо установившееся состояние равновесия его компонентов, отвечающее местному действию жидкости и характеру ложка потока. Особенно характерная связь состояния равновесия действующих сил наблюдается для тяжелых веществ сточной жидкости (песчаные отложения). Чем больше величина колебания работы потока жидкости, а также чем меньше сопротивляемость размыву песчаных отложений на дне канала, тем менее устойчиво то или другое состояние их равновесия в движущемся потоке. Напротив, каждое обстоятельство, ограничивающее замечательность активных сил или сил сопротивлений, уменьшает происходящие изменения и режим потока.

Вопрос о движении твердых веществ сточной жидкости в каналах, имеющих практическое значение при проектировании канализационной сети, а также при проектировании всякого рода сооружений для механической очистки сточных вод, до сего времени не освещен в достаточной степени ни в советской, ни в зарубежной технической и научной литературе. Существует ряд теорий о движении наносов, основанных на изучении работы рек, а также на изучении явления пригационных каналов, но все эти теории в полной мере не могут быть применены в канализационной практике¹.

Наличие разнородных компонентов (жиры, тряпье, осадок, илистые коллоидные частицы) в сточных водах значительно усложняет и равнообразит явления движения тяжелых наносов в каналах; поэтому при решении практических задач, касающихся вопросов о движении и отложении песчаных наносов в каналах, следует с большой осторожностью обращаться к той или иной теории и пользоваться ее выводами.

Настоящая работа по изучению движения в канализационных каналах песка и тряпья и приемов их улавливания на сточных вод является первой попыткой путем изучения работы эксплуатационных и опытных сооружений дать некоторую характеристику движения указанных компонентов сточной жидкости.

Материалами для настоящей работы послужили:

1. Литературные данные о движении наносов в пригационных каналах.
2. Непосредственные наблюдения при обследовании гидравлической работы каналов московской канализации для составления генеральной схемы канализования г. Москвы.
3. Экспериментальные данные по изучению работы специально построенных опытных установок.

Лабораторные и полевые исследования на опытных установках производились по договору треста Мосочиствод с Академией коммунального хозяйства при Совнаркоме РСФСР, территориально исследования производились на Люберецких полях фильтрации треста Мосочиствод и в его лаборатории.

В заключение автор считает приятным долгом выразить благодарность сотрудникам лаборатории И. А. Шапкину, принимавшему участие в проведении экспериментальных работ на опытных установках.

Особую признательность автор приносит профессору С. Н. Строганову за общее руководство и помощь в организации и проведении исследовательских работ.

¹ В этой работе цифры в скобках указывают порядковые номера приведенной литературы, в которой дано рассмотрение отдельных вопросов, затрагиваемых здесь.

Часть I

Глава 1. ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ СКОРОСТЬЮ ТЕЧЕНИЯ СТОЧНОЙ ЖИДКОСТИ И НАНОСАМИ В КАНАЛИЗАЦИОННЫХ КАНАЛАХ

1. Общие сведения о твердых составных частях сточных вод

Сточные воды представляют собой смесь водопроводной воды с теми примесями, которые вносятся в эту воду при ее использовании. В зависимости от характера жизни города, а также условий пользования канализацией, сточные воды содержат в себе то или другое количество твердых примесей. Твердые примеси, содержащиеся в сточных водах, могут по мере их движения в каналах растворяться в воде или остаться нерастворенными.

Нерастворенные вещества могут в зависимости от удельного веса отдельных частиц, а также величин скорости течения, находиться в движущемся потоке то или иное положение. Тяжелые вещества обычно падают по дну и по своему составу принадлежат главным образом к группе примесей минерального происхождения. К такого рода примесям относятся: песок, мелкие камни, каменный уголь, битый кирпич, стекло и т. п.

Из указанных твердых веществ часто в лотках каналов образуются неподвижные плотные отложения.

Наносы этого рода лежат обычно неподвижно, и только верхний их слой сравнительно небольшой толщины, при увеличении скорости течения жидкости, может подвергаться размыву (смывается).

Взвешенные вещества находятся в состоянии равновесия в любом пункте живого сечения потока в канале. К взвешенным веществам принадлежат: бумага, мелкая тряпка, волос, мочало и большинство кухонных отходов, которые в основном относятся к группе органических веществ растительного происхождения.

К группе плавающих веществ прежде всего относятся жиры и волокнистые вещества, легко поднимающиеся на поверхность потока, а также и другие легко всплывающие вещества — резина, пробки, спички и пр.

Указанное распределение по физическим свойствам в движущемся потоке твердых нерастворимых веществ, содержащихся в сточных водах, является до некоторой степени условным. Так, плавающие вещества, сцепляясь со взвешенными веществами и облепляя их, могут переходить в состояние взвешенных, а падая с последними на дно каналов, могут быть причислены к группе тяжелых веществ.

Количество всех указанных твердых примесей в сточных водах является величиной не постоянной — оно колеблется во времени. В ночные часы количество примесей уменьшается, в дневные часы увеличивается.

2. Взвешивание твердых частиц потоком

Передвижение водой твердых веществ или наносов находится в тесной связи с характером движения и скоростями потока.

Объяснение нахождения в потоке во взвешенном состоянии твердых частиц, имеющих удельный вес больше единицы, заключается в том, что скорости отдельных струй потока имеют часто переменное направление. Вертикальные составляю-

щие этих скоростей являются причиной взвешенного состояния в воде твердых наносов.

Отделенные от стенки или дна канала частицы, попадая в поток, влекутся течением; попадая в область слабого движения, частицы опускаются на дно, снова подхватываются и несутся течением во взвешенном состоянии или же соединяются с наносами, влекомыми по дну. Такая беспорядочность движения взвешенных частиц особенно заметна на-глаз для бумаги и тряпок, последнюю то всплывают на поверхность, то снова погружаются в глубину потока.

Для расчета канализационных каналов было бы чрезвычайно важно иметь величины скоростей, при которых происходит осаждение песчаных частиц, и вертикальных составляющих скоростей струй при равных условиях работы канала. Скорость оседания твердых частиц в стоячей воде представляется возможным вычислить по формулам Шене, Стокса-Рихардса и др. Вертикальная составляющая скорости турбулентного движения потоков только недавно была экспериментально найдена проф. М. А. Великановым и представлена в виде графика (рис. 1) зависимости скорости оседания от скорости потока, причем зависимость эта выражается по закону прямой линии для скоростей от 10 до 28 см в секунду. К сожалению, данных для больших скоростей до сего времени не имеется.

Примененный проф. Великановым метод определения скоростей, по извлечению самого автора, недостаточно точен (ошибка достигает 20%), однако использование полученных результатов можно считать допустимым. Результаты опытов, указанные на рис. 1, позволяют установить приближенную зависимость скорости оседания частиц u от скорости течения их v :

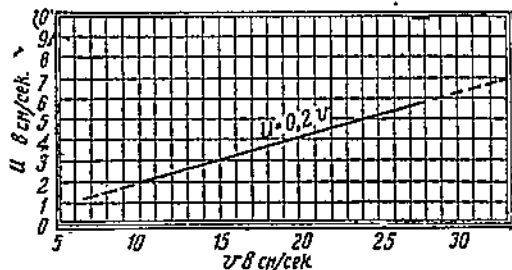


Рис. 1. График проф. Великанова.

$$u = 0,20 \cdot v.$$

Проф. Глушков, подробно разработавший теорию взвешивания твердых тел текущей водой, указывает, что величина вертикальной составляющей u колеблется от $\frac{1}{12}$ до $\frac{1}{20}$ нормальной скорости течения v . Так как вертикальные составляющие скорости (как и пульсация) уменьшаются от дна к поверхности, то в общем наблюдаются взвешивание более крупных и тяжелых частиц в придонных слоях потока и уменьшение их размеров к поверхности его. Если примеси более или менее однородны по размерам и вертикальные составляющие скоростей у поверхности достаточны для взвешивания частиц, то по всей толщине потока могут встречаться частицы одинаковой крупности.

По данным проф. А. Д. Врудастова [5] ниже даются скорости течения, при которых начинается осаждение из потока взвешенных частиц равного размера.

Для более точных подсчетов лучше сопоставлять скорости табл. 1 со скоростями, определяемыми по следующим формулам.

Еще Ньютон дал уравнение, определяющее сопротивление жидкости P при падении в ней шарика радиусом r со скоростью v при удельном весе жидкости γ :

$$P = \frac{k \cdot \gamma \cdot \pi \cdot r^2 v^2}{2g}, \quad (1)$$

где k — коэффициент формы (по Эйтельрейну [18] равный 0,79), зависящий от величины радиуса шарика.

В 1850 г. Шток определил силу падения частицы в жидкости Q следующим образом:

$$Q = \frac{4}{3} \pi (\gamma_1 - \gamma) r^2, \quad (2)$$

где γ_1 — удельный вес частицы.

Таблица 1

№ п/п	Название наносов	Диаметр частиц в мм	Состав наносов	Скорость потока в м/сек
1	Ил	0,001	Окись железа, гидрат каолина, фосфат извести с примесью аморфного кремнезема	0,20
2	Песчаная пыль . . .	0,25—0,5	Почти чистый кварц	0,40
3	Песок мелкий . . .	1,0 —3,0	То же	0,50
4	Песок	0,5 —1,0	Обломки отдельных минералов с постоянным преобладанием кварца по мере радробления	
5	Хряц	3—5	Обломки массивных пород	1,50

Вотье (1885 г.) вывел формулу предельной скорости, которой может достигать падающее в воде тело:

$$v = 2 \sqrt{\frac{\frac{2}{3} r \cdot g}{k} (\gamma_1 - 1)}, \quad (3)$$

где:

r — радиус шара;

g — ускорение силы тяжести, равное 9,81 м/сек²;

k — коэффициент формы.

По достижении этой скорости тело уже движется равномерно. Полагая $k=0,5$ (среднее значение для преобладающих частиц), γ_1 (удельный вес наносов) равным 2,00, получим упрощенную формулу:

$$v = 7,30 \sqrt{r}. \quad (4)$$

Силы P и Q — сопротивления и движущая [формулы (1) и (2)] — при взвешивании должны уравновешиваться, т. е.:

$$\frac{k \cdot \gamma \cdot v^2}{2g} = \frac{4}{3} (\gamma_1 - \gamma) r,$$

откуда можно определять скорость v , при которой тело будет находиться в жидкости во взвешенном состоянии:

$$v = \sqrt{\frac{4}{3} d \cdot g \frac{\gamma_1 - \gamma}{\gamma \cdot k}} = 5,76 \sqrt{d \frac{\gamma_1 - \gamma}{\gamma}}, \quad (5)$$

где d — диаметр верна в метрах.

Для исчисления по уравнению (5) приводится табл. 2 уд. весов γ_1 разных веществ.

Таблица 2

Удельный вес различных веществ

Кирпич	от 2,00 до 2,18	Песок	от 1,40 до 2,80
Мел	» 2,00 » 2,17	Уголь	» 1,26 » 1,33
Известняк	» 2,86 » 3,00	Шифер	» 2,86 » 2,90
Гранит	» 2,60 » 2,70	Торф	» 0,64 » 0,84
Полевой шпат	» 2,50 » 2,74	Глина	» 1,50 » 2,80

Пользуясь уравнением (5), зная механический состав наносов, можно определить ту среднюю из минимальных скоростей, при которой наносы будут находиться в потоке во взвешенном состоянии.

3. Влечение потоком твердых частиц по дну каналов

Отклонения на дне канала обычно образуются из частиц, влекомых потоком по дну. Влечение наносов по дну обуславливается донной скоростью потока, и точное значение этой скорости является особо важным для установления закона влечения наносов по дну каналов.

По Сенжену, давление P текущей воды на тело, лежащее на дне потока, выражается формулой:

$$P = k \cdot \gamma \cdot F \frac{v^2}{2g}, \quad (6)$$

где:

- γ — удельный вес жидкости;
- F — площадь поперечного сечения тела;
- v — скорость течения потока;
- g — ускорение силы тяжести, равное 9,81 м/сек²;
- k — коэффициент формы.

Действие силы тяжести P_1 , стремящееся катить тело вниз по дну потока с уклоном i , будет:

$$P_1 = (\gamma_1 - \gamma) W \left(\frac{i}{1 + i^2} - f \right),$$

где:

- γ_1 — удельный вес;
- W — объем тела;
- i — уклон дна потока;
- f — коэффициент трения (по Дюбуа в среднем равный 0,68).

В момент равновесия силы P и P_1 должны быть равны между собой. Так как уклон потока i является величиной малой, то можно принять:

$$\frac{i}{1 + i^2} = 0.$$

Если равновесия нет, то величина равнодействующей равна:

$$P = k \cdot \gamma \frac{Fv^2}{2g} - W (\gamma_1 - \gamma) f. \quad (7)$$

При установившейся зависимости между скоростью течения и передвижением текущей водной частицы по дну потока путем скольжения.

Рассмотрим условия влечения шара по дну потока. Давление текущей воды будет равно:

$$P = k \frac{Fv^2}{2g} = k \frac{\pi r^2 v^2}{2g},$$

где:

- k — 0,68,
- v — скорость,
- r — радиус шара.

Сопротивление шара движению вследствие трения о дно по формуле (7) будет:

$$R = f \frac{4}{3} \pi r^3 (\gamma_1 - \gamma).$$

В момент равновесия силы P и R должны быть равны, т. е.:

$$k \frac{\pi r^2 v^2}{2g} = f \frac{4}{3} \pi r^3 (\gamma_1 - \gamma).$$

Решая уравнение относительно r , имеем:

$$r = \frac{3k}{8fg (\gamma_1 - \gamma)} v^2. \quad (8)$$

Обозначая постоянную величину через A , получим:

$$r = \underline{A \cdot v^3}, \quad (9)$$

Так как вес тела пропорционален третьей степени его линейных размеров, то из уравнения (9) следует, что вес тела, влекомого потоком, пропорционален 6-й степени скорости потока; этот закон Эри может быть распространен и для перекачивания тел по дну потока.

Если на дне потока лежит твердое тело кубической формы малого размера по сравнению с глубиной потока, то оно подвергается действию удара продольных струй жидкости, имеющих скорость v (рис. 2). При известном соотношении между скоростью струй потока и размерами кубика он будет перекачиваться по дну потока.

Давление воды на кубик по формуле (7) будет:

$$P = k \frac{a^2 v^3}{2g}.$$

Момент вращения около точки B будет:

$$k \frac{a^2 v^3}{2g} \cdot \frac{1}{2} a = k \frac{a^3 v^3}{4g}.$$

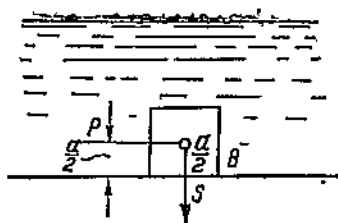


Рис. 2. Кубик, лежащий на дне.

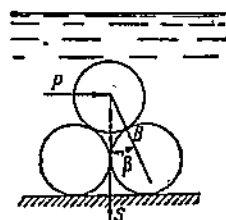


Рис. 3. Схема шаров.

Момент M , удерживающий кубик на дне потока, равен весу кубика в воде, умноженному на плечо, т. е.:

$$M = f a^3 (\gamma_1 - \gamma) \cdot \frac{a}{2} = f \frac{a^4}{2} (\gamma_1 - \gamma).$$

В момент равновесия моменты P и M должны быть равными:

$$k \frac{a^3 v^3}{4g} f = \frac{a^4}{2} (\gamma_1 - \gamma),$$

или

$$a = \frac{k \cdot v^3}{2g (\gamma_1 - \gamma)}.$$

Движение наносов можно себе представить как движение шара по расположенным ниже шарам (рис. 3). В этом случае давление текущей жидкости на верхний шар будет поперекнему:

$$P = k \pi r^3 \frac{v^3}{2g}.$$

Плечо момента вращения около точки B будет равно:

$$r \cdot \cos \beta.$$

Момент сопротивления M будет равен произведению веса на плечо, т. е.:

$$M = f \frac{4}{3} \pi r^3 (\gamma_1 - \gamma) r \cdot \cos \beta$$

приравнивая для достижения равновесия моменты P и M , получим:

$$k \frac{\pi r^2 v^2}{2g} r \cdot \cos \beta = f \frac{4}{3} \pi r^3 (\gamma_1 - \gamma) r \cdot \sin \beta,$$

откуда

$$r = \frac{3k}{8gf(\gamma_1 - \gamma)} v^2 \cdot \operatorname{ctg} \beta$$

или опять [см. формулу (9)]:

$$r = \frac{A \cdot v^2}{g}$$

По формуле Эри, при движении различных частиц по дну скорость движения их зависит от трения о дно, а так как у различных крупинок благодаря их различному строению коэффициент трения меняется, смотря по тому, как располагается крупишка относительно дна, то движение крупинок получается прерывистым: крупишка то катится, то приостанавливается, иногда скорость движения увеличивается, иногда уменьшается.

Закоп Эри, выведенный теоретически, был подвергнут многочисленным экспериментальным проверкам, которые его вполне подтвердили.

По Д ю б у а:

мелкий песок начинает двигаться при средней скорости течения	0,162	м/сек
крупный песок	0,216	»
мелкая галька	0,312	»
средняя галька	0,650	»
крупная галька	0,975	»

Формула Эри предполагает, что отдельные частицы (песчинки, гальки, камин) катятся по неподвижному дну, и в сущности только для этого случая формула Эри имеет вполне определенное значение.

Анализ приведенных формул показывает, что они не могут дать точных выводов о зависимости между скоростью течения жидкости и образованием наносов в каналах.

Во всех приведенных формулах вопрос решается только в установлении связи между глубиной и средней скоростью потока. Практически вопрос осложняется характером перемешивания жидкости в потоке, различной величиной взвешивающих скоростей, различной крупностью и весом наносов, замутированности потока и т. д.

Кроме приведенных формул, существует целый ряд формул других исследователей, работавших в данной области, но эти формулы утратили свое значение.

Глава 2. ДИНАМИКА ТВЕРДЫХ ПРИМЕСЕЙ СТОЧНЫХ ВОД (ОПЫТЫ НАБЛЮДЕНИЯ)

1. Тяжелые вещества

Тяжелые вещества или донные отложения в канализационных каналах и трубах играют большую роль при их расчетах и эксплуатации, поскольку этими отложениями большей частью вызывается засорение каналов.

Равнообразие примесей зависит от системы канализации и от местных условий эксплуатации сети. Характеристика тяжелых наносов по механическому составу приводится в табл. 3. Образец для характеристики взят из отложений одного из каналов московской канализации в пределах города.

Механическая сортировка взятого образца на ситах (4000 см^2) дает распределение по фракциям и по составу, указанное в табл. 3.

Необходимо отметить, что в общем составе отложенный наносов находились тряпки, мочало и другие длинные волокнистые вещества, перемешанные с общей массой, которые в исследуемый образец не были взяты.

Из табл. 3 видно, что тяжелые донные наносы в канализационных каналах и трубах в большей своей части состоят из песка (до 80%). Чем меньше фракции

Размер частиц в мм	% по объ- ему	Содержание минераль- ных веществ в %	Состав отложений
Свыше 10	3,50	—	Битое стекло, гра- вий, каменный уголь, кирпич, кости, пуго- вицы, скорлупа оре- хов, косточки фруктов и др.
От 5 до 10	3,50	70,60	Стекло, кости, ка- менный уголь и др.
» 3 » 5	4,50	79,17	То же
» 2 » 3	3,00	83,24	Стекло, кирпич, вер- на и острые кости
» 1 » 2	7,00	90,20	Песок, кирпич, уголь и кости
» 1/2 » 1	9,00	95,90	Песок — обломки от- дельных минералов
М 1/4 » 1/2	33,00	88,14	Песок
«нео 1/4	36,5	98,33	Песок

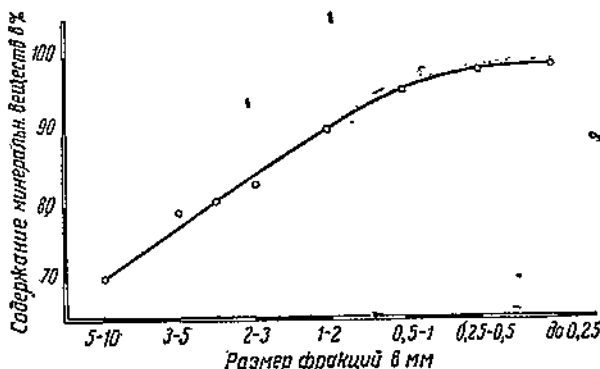


Рис. 4. Кривая содержания минеральных веществ в зависимости от размера фракций осадка.

осадка, тем больше в них песка и меньше органических] веществ, Кривая содержания неорганических веществ в зависимости от размера фракций осадка при-
ведена на рис. 4.

2. Движение донных наносов

Движение донных наносов в канализационных каналах происходит в ос-
новном подобно перемещению речных наносов.

На основании наблюдений за донными наносами в канализационных кана-
лах и трубах можно сказать, что наносы этого рода обычно в местах с недоста-
точными промывающими скоростями лежат на дне неподвижно, и только верхний
их слой подвергается смыву (движется). При замере скорости течения, расходов
и расположения наносов в каналах московской канализации в течение суток,
наблюдается картина, представленная в табл. 4.

Часы наблю- дений	Верхний канал			Главный нижний канал		
	$d = 1,38 \text{ м}$ 17/18 августа 1934 г.			$d = 1,26 \text{ м}$ 28/29 июля 1934 г.		
	Слой наносов в м	Скорость течения v в м/сек	Расход Q в м ³ /сек	Слой наносов в м	Скорость течения v в м/сек	Расход Q в м ³ /сек
1	2	3	4	5	6	7
9	0,07	0,632	0,951	0,07	0,383	0,453
10						
11	0,06	0,563	0,839	0,15	0,347	0,402
12	0,08			0,15		
13	0,06	0,573	0,853	0,23	0,335	0,370
14	0,06			0,21		
15	0,08	0,577	0,845	0,25	0,393	0,422
16	Нет			0,13		
17	»	0,601	0,901	0,17	0,352	0,409
18	»			0,07		
19	0,04	0,582	0,865	0,13	0,369	0,433
20	Нет			0,16		
21	0,04	0,556	0,841	0,10	0,346	0,415
22	0,05			0,22		
23	0,05	0,591	0,875	0,16	0,356	0,407
24	0,09			0,16		
1	0,15	0,624	0,888	0,19	0,273	0,308
2	0,07					
3	0,09	0,630	0,911	0,13	0,467	0,439
4	0,03					
5	0,06	0,653	0,780	0,17	0,394	0,332
6	0,06					
7	0,06	0,612	0,782	0,14	0,403	0,354
8	0,05					

Подобное состояние наносов наблюдается везде, где только имеется, хотя и небольшой, их слой, лежащий на дне. Но параллельно наблюдается и другой вид влечения наносов, составляющий переходную стадию к процессу взвешивания. Картина такого влечения наносов схематически изображена на рис. 5.

Вдоль дна наблюдается движение полувзвешенных частиц сильно разуплотненного песка или ила с малой скоростью в плоскости $h-h$ и приближающейся к нулю скоростью в плоскости $O-O$.

Вследствие неправильной поверхности и формы как натыкающихся частиц, так и «сложа», состоящего из таких же частиц, величина трения при движении донных наносов не является постоянной; поэтому скорости движения частиц носят прерывистый характер. Средняя скорость движения в потоке наносов всегда меньше скорости самого потока.

Над слоем более крупных примесей в канализационных каналах движется слой из более мелких илестых частиц, который работниками московской канализации называется «шиделью». Наличие ишдели имеет большое значение в отношении воздействия сногостей течения потока на сжиг донных наносов. По данным Аме-

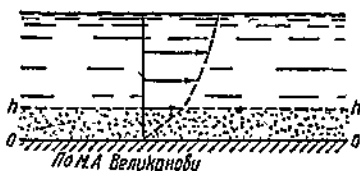


Рис. 5. Полувзвешенный придонный слой.

риканского института общества инженеров строителей приводим табл. 5 равмывающих скоростей для каналов.

Таблица 5

Грунт ложка	Размывающие скорости течения в м		
	при чистой воде	когда в воде содержится ил	когда поток несет песок и гравий
1	2	3	4
Мелкий верпистый песок не коллоидальный	0,45	0,75	0,45
Суглинок — то же	0,53	0,75	0,60
Илистая глина	0,60	0,90	0,60
Ил	0,60	1,05	0,60
Обыкновенная глина	0,75	1,05	0,70
Мелкий гравий	0,75	1,50	1,10
Глина коллоидальная	1,10	1,50	0,90
Ил коллоидальный	1,10	1,50	0,90
Грубый гравий	1,20	1,80	1,95

Из таблиц видно, что содержание в воде взвешенных мелких веществ уменьшает ее размывающее действие. На этом основании данные о размывающих скоростях, указанные в литературе применительно для рек и ирригационных каналов, не могут быть приняты в полной мере в канализационном деле. Наличие в сточных водах большого количества коллоидальных илестых частиц уменьшает размывающую способность потока. Поэтому сточные воды обладают большой способностью к образованию донных отложений.

Образованию плотных, плохо размываемых наносов особенно способствуют находящиеся в сточных водах триппе, мочало, бумага и некоторые другие волокнистые отбросы. Достаточно небольшого препятствия на дне канала — лежащего камня, гвоздя или кости, попавших в стык труб или шов кладки, смещения втулки труб и т. п., как отбросы указанного рода цепляются за встречающиеся препятствия и задерживаются, образуя небольшие подпруды. Вслед за этим у образовавшейся подпруды происходит отложение других взвешенных по дну веществ. Образовавшийся слой может быть вторично прикрыт тринками, бумагой и в результате нередки случаи образования донных наносов в каналах и трубах даже в местах с самоочищающей скоростью в величинной 0,80 м/сек и больше. Средняя скорость течения может быть при этом различна и она показательна только для водной массы потока, но не для передвижения наносов.

Если рассматривать осадки на дне канала как подвижное ложе, а расположенный над ними водяной столб как одно целое, то оказывается, что водная масса движется значительно быстрее, чем нанос, который волочится по ложу канала, как бесконечно длинный, гибкий и тяжелый покров.

Для передвижения удержавшихся отложений необходимо значительное увеличение живой силы потока, чтобы она могла преодолеть сопротивление наносного покрова размыву.

3. Расположение донных наносов в поперечном разрезе потока в канале

Поперечное распределение наносов в естественных руслах зависит главным образом от горизонтальной конфигурации русла и от распределения в нем скоростей течения и мало зависит от формы русла.

Расположение наносов в канализационных каналах, наоборот, зависит от формы поперечного сечения канала. В каналах овального сечения наносы идут по широким, а толстым слоем. В каналах круглого сечения осадки располагаются слоем более широким, но меньшей толщиной. Расположение наносов зависит также от распределения скоростей течения.

В канале овоидального сечения при высоте его $H = 1,22$ м наблюдалось распределение наносов в потоке, изображенное на рис. 6. Вследствие поворота канала произошло смещение динамической оси скоростей течения, где наносы расположились соответственно скоростям. На рис. 6 видно, что донные наносы в свою очередь влияют на распределение скоростей течения в придонном слое. На рис. 6 показаны построенные на основании замеренных скоростей в различных точках канала «изотакхи», т. е. кривые равных скоростей отдельных струй потока. Наибольшее отклонение изотакх наблюдается в середине потока; причиной этого явления служат наличие значительной шероховатости лотка и присутствие в осадке крупных веществ (гравия и других отбросов).

На рис. 7 показано расположение изотакх в круглом канале диаметром $d = 1,37$ м, при средней скорости течения $v_{ср} = 0,60$ м/сек.

Приведенные примеры указывают, что средние расчетные скорости, принимаемые при расчете канализационных каналов, бывают недостаточны для смыла

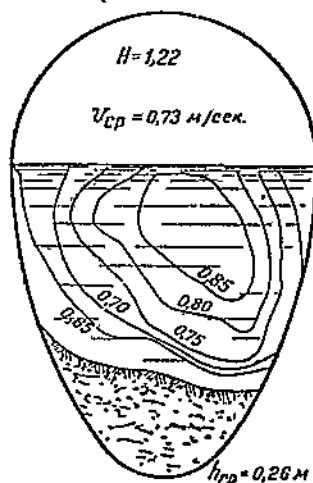


Рис. 6. Овоидальный канал.

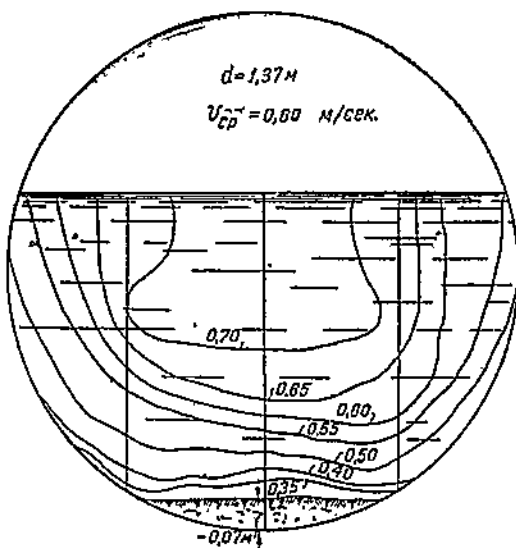


Рис. 7. Круглый канал.

донных отложений. Вопрос о том, какие скорости наблюдаются у стенок и дна каналов, до настоящего времени окончательно не выяснен. Трудность окончательного разрешения этого вопроса коренится прежде всего в том, что существующими измерительными приборами можно измерять скорость лишь на некотором расстоянии, а не непосредственно у самых стенок канала.

4. Расположение донных наносов в продольном разрезе потока в канале

Первоначальные отложения наносов появляются прежде всего непосредственно у каких-либо препятствий. Отложения происходят не сразу на большом протяжении, а лишь на тех участках, где скорости потока замедляются и оказываются недостаточными для переноса твердых частиц. В результате осаждения взвешенных частиц создается как бы «новое дно» с увеличенной шероховатостью. Вследствие этого скорости течения еще уменьшаются, и уменьшается их влекущая способность; сверху продолжает поступать новое количество донных наносов, первоначальные отложения постепенно увеличиваются, и процесс продолжается до тех пор, пока не создается такой подпор, при котором скорости потока поверх образовавшихся отложений будут достаточными для размыва отложений. Как отмечает Шоклич [11], здесь происходит движение наносов, подобное

характеру продвижения устьевой дельты реки, когда «голова» отложенный скопится вина по течению, образуя опадающие головные откосы. Процесс поднятия дна заканчивается тогда, когда вновь стабилизируются условия, при которых наносы будут проходить непрерывным потоком через все ранее образовавшиеся отложения. Уровень воды в этом случае будет параллельным уклону дна, и движение потока снова приобретает характер равномерного движения.

Примером такого отложения наносов может служить Люблинский загородный канал оvoidального сечения $H = 1,626$ м, имеющий постоянный уклон $i = 0,0004$. В указанном канале донные наносы, начиная от смотрового колодца № 0 и примерно до середины между колодцами № 23—24, общим протяжением 3700 м, лежат почти непрерывным слоем. Поверхность слоя наносов представляет собой волнообразную форму. Толщина слоя осадков уменьшается по мере удаления от города.

Начиная от колодца № 23—24, наносы встречаются сравнительно редко и то в виде отдельных перекастов в разных местах по каналу. Чистка канала производится ежегодно и при каждой чистке наблюдается одна и та же картина расположения наносов.

Данные наблюдений за скоростями течения и за расположением наносов в Люблинском загородном канале приведены в табл. 6.

Таблица 6

Часы наблю- дений	Колодец № 0. 17/18 августа 1934 г.			Колодец № 21. 15/16 июля 1934 г.		
	Слой наносов в м	Скорость течения v в м/сек	Расход Q в м ³ /сек	Слой наносов в м	Скорость течения v в м/сек	Расход Q в м ³ /сек
9	0,17	0,815	1,040			
11	0,12	0,821	1,064			
13	0,12	0,839	1,088	0,05	0,827	1,088
15	0,12	0,880	1,143			
16				0,05	0,821	1,072
17	0,12	0,851	1,106			
18				0,05	0,817	1,079
19	0,12	0,856	1,112			
20				0,05	0,827	1,093
21	0,14	0,870	1,112			
22				0,05	0,814	1,040
23	0,12	0,829	1,075			
24				0,05	0,791	0,972
1	0,12	0,839	1,088			
2	0,12			0,05	0,825	0,950
3	0,16	0,815	1,044	0,05		
4				0,08	0,790	0,923
5	0,12	0,815	0,958	0,11		
6				0,08	0,827	0,899
7	0,13	0,825	0,999	0,10	0,831	0,977
8				0,10	0,831	0,977

Чистка канала весной 1934 г. показала, что в канале ниже впадения в него дангауровского коллектора, принимающего сточные воды от расположенных на нем нефтеперерабатывающих заводов, донные наносы как бы сцементированы нефтяными остатками настолько, что при чистке совком почти не размываются.

Иное расположение донных наносов наблюдается в Люберецком загородном канале. Этот канал имеет длину 6552,14 м в напорной части и 12812,66 м в самотечной. Вся сточная жидкость проходит через насосную станцию. Канал в само-

вечной части имеет круглую форму диаметром $d = 1,98$ м и уложен с уклоном $i = 0,00025$, отдельные же его участки диаметром $d = 1,22$ м уложены с уклоном $i = 0,0035$ м.

Наносы в Люберецком канале образуются ближе к полям фильтрации и находятся в зависимости от количества поступающих сточных вод. По мере увеличения притока сточных вод по годам, а следовательно и увеличения скоростей течения, наносы из года в год меняются по величине их слоя, и скопления их все время смещаются ближе к полям фильтрации.

В табл. 7 приводятся данные по притоку сточных вод на Люберецкие поля фильтрации по годам.

Для выяснения зависимости величины слоя наносов от притока сточных вод в табл. 8 приводим данные осмотра канала, с указанием

Таблица 7

Годы	Приток в тыс. м ³
1920	8 768
1923	11 224
1924	14 708
1925	16 562
1926	19 235
1927	19 966
1932	45 837
1934	49 421

распределения наносов.

Таблица 8

№ смотровых колодезев	Годы осмотра канала и слой наносов (в м), считая от дна лотка							
	1920	1923	1924	1925	1926	1927	1932	1934
	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	0,08	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
26	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	0,00
27	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
28	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
29	0,07	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00	0,40	0,20
29а	0,14	0,16	0,25	0,26	0,28	0,20	0,14	0,10
30	0,16	0,16	0,20	0,22	0,28	0,20	0,10	0,10
31	0,17	0,16	0,22	0,30	0,26	0,03	0,10	0,00
32	0,17	0,16	0,23	0,22	0,23	0,03	0,00	0,00
33	0,16	0,16	0,18	0,26	0,26	0,03	0,00	0,00
34	0,16	0,16	0,15	0,19	0,26	0,03	0,00	0,00
35	0,12	0,10	0,14	0,14	0,26	0,03	0,00	0,00
36	0,11	0,16	0,13	0,13	0,17	0,03	0,00	0,00
37	0,12	0,10	0,13	0,16	0,15	0,12	0,04	0,00
38	0,11	Подпор от камн.	0,11	0,12	0,17	0,10	0,04	0,08
39	0,10	0,11	0,11	0,15	0,14	0,08	0,09	0,00
41	0,12	0,12	0,10	0,12	0,12	0,09	0,09	0,00
42	0,16	0,12	0,11	0,16	0,19	0,10	0,09	0,00
43	0,14	0,12	0,12	0,12	0,15	0,10	0,07	0,00
44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
45	0,13	0,12	0,12	0,10	0,10	0,13	0,12	0,05
46	0,13	0,12	0,10	0,10	0,17	0,20	0,14	0,05
47	0,16	0,12	0,10	0,13	0,15	0,20	0,20	0,05

Примечание. Нумерация смотровых колодезев указанных выше каналов идет от Москвы, и расстояние между колодцами в среднем равно 210 м.

Рассматривая движение тяжелых частиц осадков у дна потока в канале, следует отметить, что движение отдельных частиц (зерен) происходит скачкообразно.

Отдельные зерна, подхватываемые токами донных вихрей, поднимаются на известную высоту над дном, тем большую, чем меньше зерна и чем больше средняя скорость потока, и затем опускаются на дно. Коснувшись дна, зерно иногда проходит некоторый путь перекачиванием, также в сущности являющимся скачкообразным движением (с подъемами малой высоты и вращением зерен), затем вновь подхватывается токами донных вихрей и взвешивается. Таким образом общепринятое понятие о донных наносах, якобы движущихся только по дну, является условным. Таких зерен, которые бы двигались правильно по дну потока, в сущности нет, однако условное деление транспортируемых потоком наносов на «взвешенные» и «донные» все же необходимо.

Приведенная выше картина движения наносов дает объяснение и явлению пульсации взвешенных наносов в некоторых точках потока. И действительно, наблюдения показывают, что при отборе проб наносов с определенных точек потока на графике изменения содержания взвешенных наносов по времени получается типичная кривая пульсации потока с ее максимумами и минимумами скоростей. Поэтому изыскание мероприятий по борьбе с отложением твердых наносов в каналах должно одновременно идти как по линии разработки рациональных гидравлических решений, так и по линии разработки специальных механизмов для очистки каналов.

5. Вред от донных наносов и борьба с ними

Наносы в канализационных каналах и трубах являются нередко причиной их закупорки, поэтому при эксплуатации сети постоянно приходится заниматься прочисткой и удалением отложений, что сильно усложняет и удорожает эксплуатацию сети. Нередки случаи полного засорения каналов толстыми наносами, при которых приходится перекладывать отдельные участки сети, с изменением уклонов и диаметров труб.

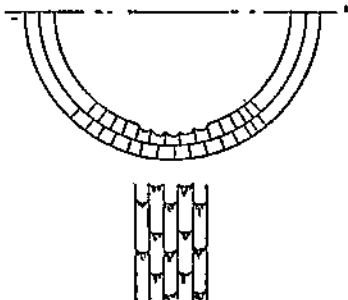


Рис. 8. Поперечный разрез Люберецкого канала.

Крупные минеральные частицы, попадая в каналы, истирают как облицовку, так и самую кладку каналов, особенно в местах резкого изменения конфигурации канала. Так, при осмотре Люберецкого загородного канала в 1934 г. вследствие больших скоростей течения и наличия в сточной жидкости твердых веществ (битый кирпич) наблюдалось истирание лотка в канале диаметром $d = 1,22$ м. Характерно, что кирпич истирается в большей мере, чем цементные швы (рис. 8).

На насосных станциях возможны случаи истирания песком колес центробежных насосов, перекачивающих сточную жидкость. Это вызывает потерю мощности насосных установок и сокращает срок их службы. Из опыта эксплуатации гидростанций известно, что частицы песка крупностью зерен 0,25—0,50 мм быстро истирают рабочие колеса турбин.

Дюфур [46], провадивший измерения на установке гидростанции Акерван, обнаружил, что после 46-месячной работы турбины коэффициент полезного действия ее уменьшился больше чем на 25%. Для борьбы с наносами был устроен отстойник, после чего в деривацию стали попадать только мелкие частицы не более 0,4 мм. В результате истирание лопаток турбин резко уменьшилось: до устройства отстойника оно составляло 6—7 мм за год, после устройства отстойника уменьшилось до 1,3 мм.

Во избежание чрезмерных затрат на очистку каналов от наносов необходимо принимать меры для задержки и удаления наносов из сточных вод. В каждом отдельном случае должен быть решен вопрос о крупности и количестве наносов, которые могут быть допущены в канализационную сеть и по все последующим сооружениям, в зависимости от чего необходимо предусматривать соответствующие мероприятия на самих каналах.

Тяжелые примеси вызывают также большие затруднения при эксплуатации не только каналов, но и очистных сооружений, поэтому там и нашли себе применение песколовки.

6. Требования к песколовкам

При проектировании и постройке песколовок следует иметь в виду следующие предъявляемые к ним требования.

1. Возможно полное задержание тяжелых веществ, всегда имеющих в сточной жидкости.
2. Неосаждение в песколовках мелких органических веществ — осадка.
3. Возможность удаления отложений из песколовки без перерыва работы и канала и песколовки.
4. Возможность постановки песколовки на каналах не только перед очистными сооружениями, но и на самой канализационной сети.
5. Простота конструкции, легкость, безупречность удаления отложений в санитарном отношении.

Глава 3. ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПЕСКОЛОВОК

С уменьшением скорости течения сточной жидкости начинается выпадение из нее осадка.

Уменьшению скорости в песколовках достигается путем увеличения живого сечения потока, и первоначальные типы песколовки представляют собой расширенные и углубленные каналы различной формы и размеров (рис. 9).

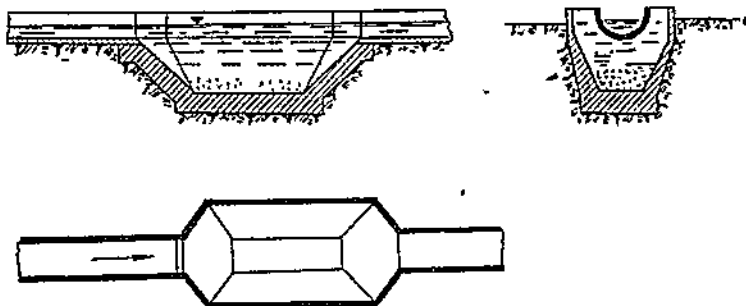


Рис. 9. Схема горизонтальной песколовки.

При выборе типа песколовки встает вопрос в определении необходимой длины ее, которая в свою очередь зависит от количества содержащихся в сточной жидкости тяжелых веществ, от заданной скорости движения жидкости, времени пребывания жидкости в песколовке, а также от способов удаления из нее песка.

В Германии встречаются старые песколовки круглого типа (рис. 10). Эти песколовки представляют собой два цилиндра (колодца), концентрически вставленных один в другой (рис. 11).

Сточная жидкость поступает сначала в наружный колодец и движется направо и налево вокруг внутреннего; благодаря уменьшению скоростей движения содержащиеся в жидкости тяжелые вещества оседают на дно, устроенное с уклоном к середине колодца. Осевшие вещества сползают через окна в коническую часть внутреннего колодца песколовки, откуда удаляются грайфером.

Обычно строят песколовки из двух секций (рис. 11), действующих периодически: одна работает, вторая в это время освобождается от песка (рис. 12).

Заслуживает внимания песколовка системы Имгофа, разделенная перегородками на три части, из которых каждая достаточно по размерам для пропуска всей поступающей сточной жидкости. Приток и отвод жидкости всех отделений общие, и в дне каждого отделения проложен дренаж. Дренажные трубы,

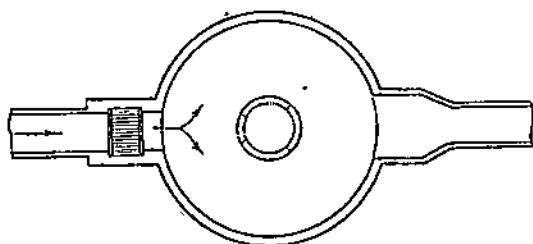
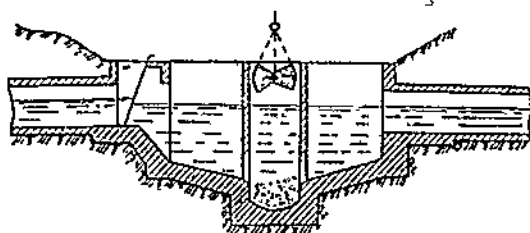


Рис. 10. Песколовки круглого типа.

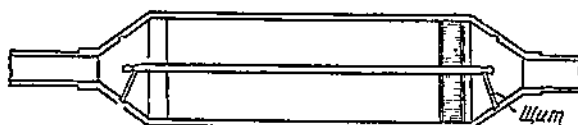
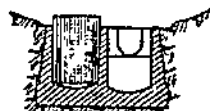


Рис. 11. Двойная горизонтальная песколовка.

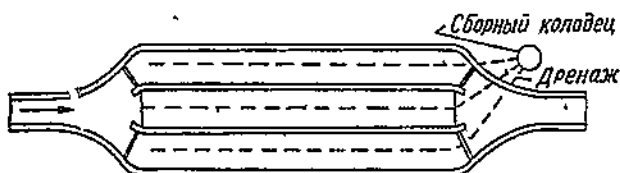
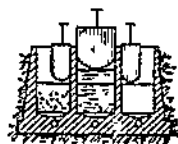


Рис. 12. Горизонтальная песколовка с тремя отделениями.

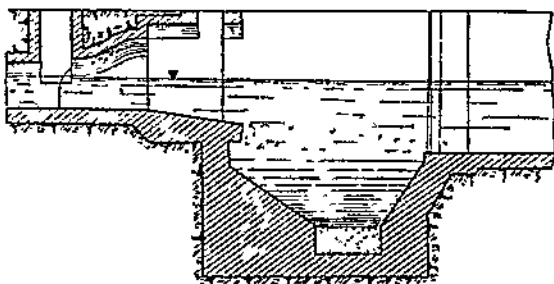


Рис. 13. Песколовка в г. Кельне.

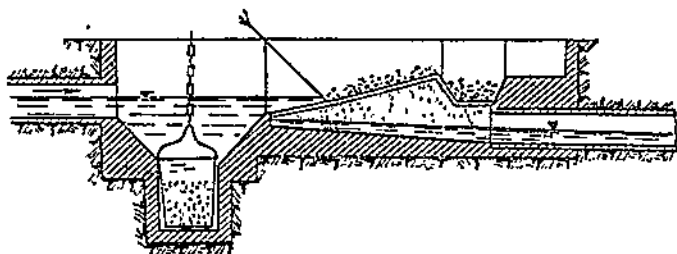


Рис. 14. Удаление песка ведрами

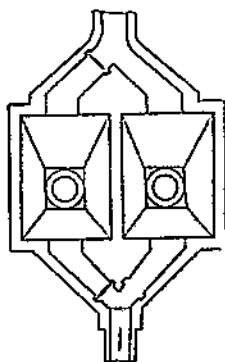
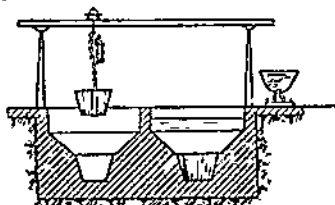
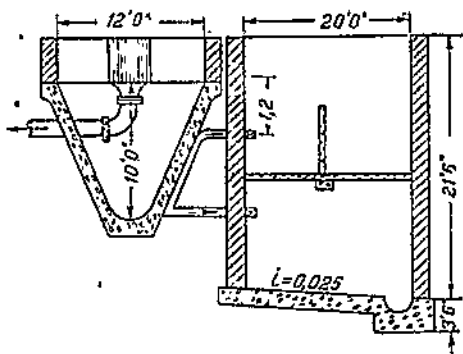


Рис. 15. Удаление песка ведрами с двумя отделениями.

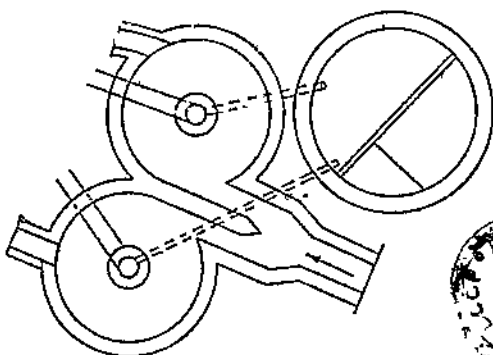


Рис. 16. Индийская песколовка.



снабженные запорными вентилями, выведены отдельно из каждого отделения в общий сборный колодез.

Во время работы какой-либо секции песколовки ее дренажная сеть остается закрытой. Когда отделение в достаточной мере заполнится осевшим песком, оно с обеих сторон закрывается щитами, сточную же жидкость направляют через соседнее отделение. После выключения секции из работы открывают задвижку на дренажной трубе, и вода стекает из выключенной секции в сборный колодез.

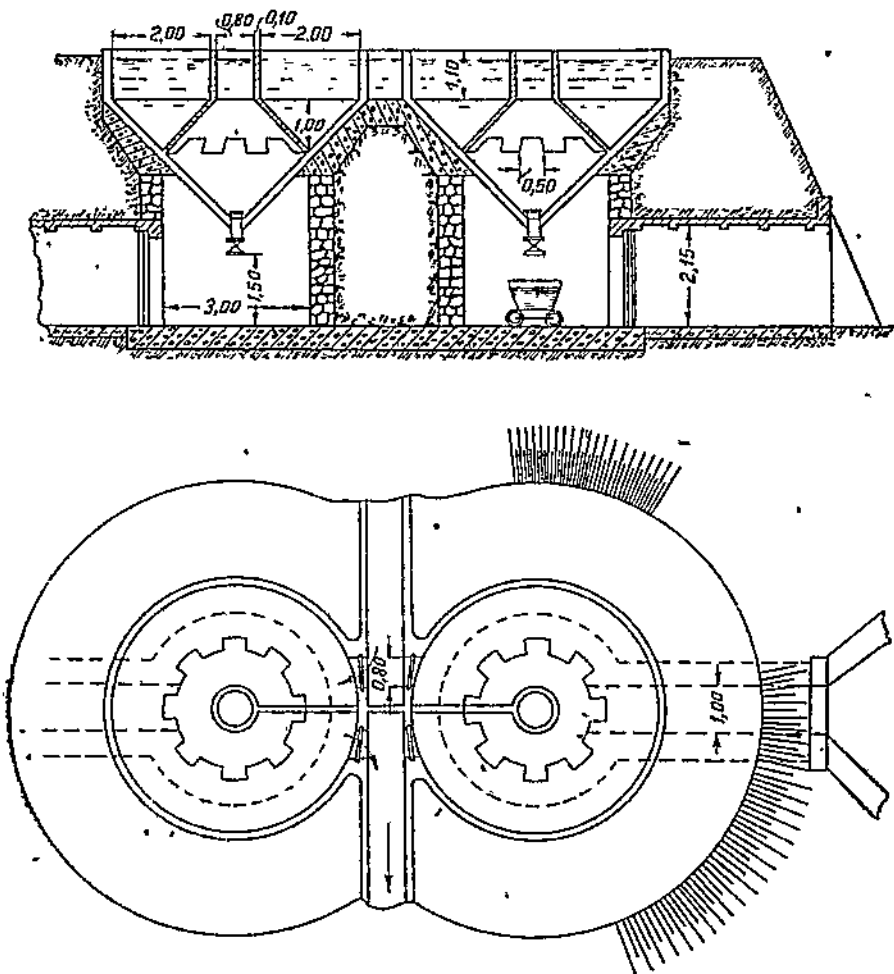


Рис. 17. Тульская песколовка.

По заполнении песком второго отделения оно выключается, и пускается в работу третье. В такого рода песколовках (рис. 12) одновременно одно отделение находится в работе, в другом обезвоживается песок, в третьем его удаляют на песколовки.

На рис. 13 изображена песколовка в г. Кельне. Вследствие повышения наклонного лотка канала со стороны поступления жидкости в песколовку над лотком выводящего канала органически взвешенные вещества не успевают осесть

существенно в работе песколовок.

Можно указать еще целый ряд песколовок, разнообразных по конструкции и по способам удаления из них песка.

На рис. 14 указана песколовка, где удаление песка проваливается с помощью ведра, опускаемого в специально устроенный приямок. Применение педер за- ставляет песколовки делать двойными (рис. 15), так как на время подъема ведра для опорожнения отделение песколовок, из которого ведро вынимается, должно быть выключено из работы.

На рис. 16 показана песколовка, применяемая в Индии. Жидкость, поступающая в песколовку, движется по спирали. Освобожденная от тяжелых примесей жидкость через трубу, устроенную в центре, отводится на очистные сооружения. Удаление песка проваливается самотеком через трубы в специально устроенный резервуар, разделенный перекрытием на два отделения.

В зависимости от состава и от влажности осевших осадков последние могут направляться или в верхнее или в нижнее отделение резервуара.

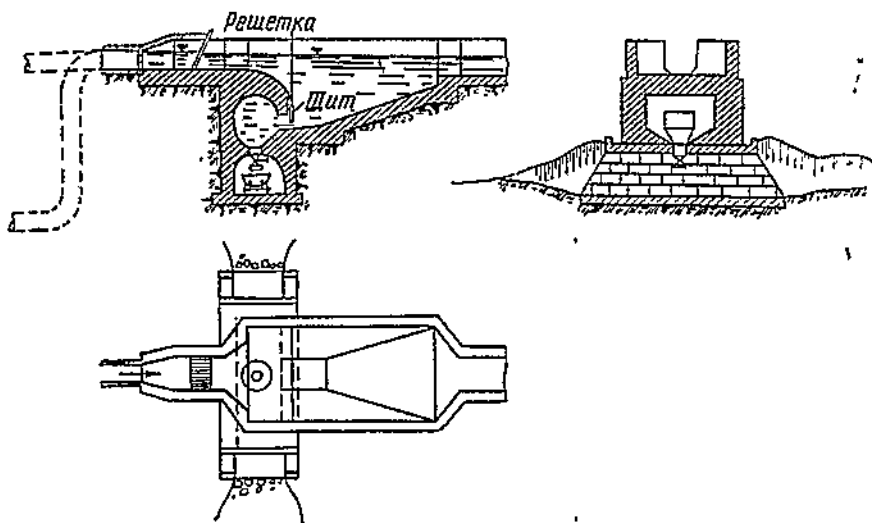


Рис. 18. Тоннель под песколовками.

Подобным образом построена песколовка в г. Туле, где движение жидкости происходит по кольцевому каналу (рис. 17). У дна канала устроены отверстия, через которые оседающий песок проваливается в конический приямок. Из приямка песок выпускается через специальные трубы, снабженные задвижками. Высота расположения песколовок позволяет выпускать самотеком скопившийся в конических приямках песок в вагонетки и отвозить его по тоннелю, расположенному под песколовками. Подобного же типа песколовка изображена на рис. 18.

Во всех указанных выше песколовках движение жидкости происходит в горизонтальном направлении.

Совершенно своеобразна по конструкции песколовка Блуэна с вертикальным движением жидкости (рис. 19).

Песколовка Блуэна представляет собой как бы ряд цилиндров, вставленных один в другой и разделенных радиальными перегородками. Эти цилиндры имеют разные высоты, чем достигается саморегулирование скорости движения жидкости в песколовке.

Каждому расходу жидкости в подводящем канале соответствует свое наполнение, в силу чего по закону сообщающихся сосудов и происходит перелив жидкости через соответствующие по высоте секции песколовок. Размеры секций подобраны с таким расчетом, что каждому расходу соответствует определенная

действующая площадь живого сечения. Благодаря такой конструкции песколовка при всех расходах работает с постоянно установленной расчетом скоростью. Песколовка своеобразна также и по способу удаления из нее песка с помощью эрлифта.

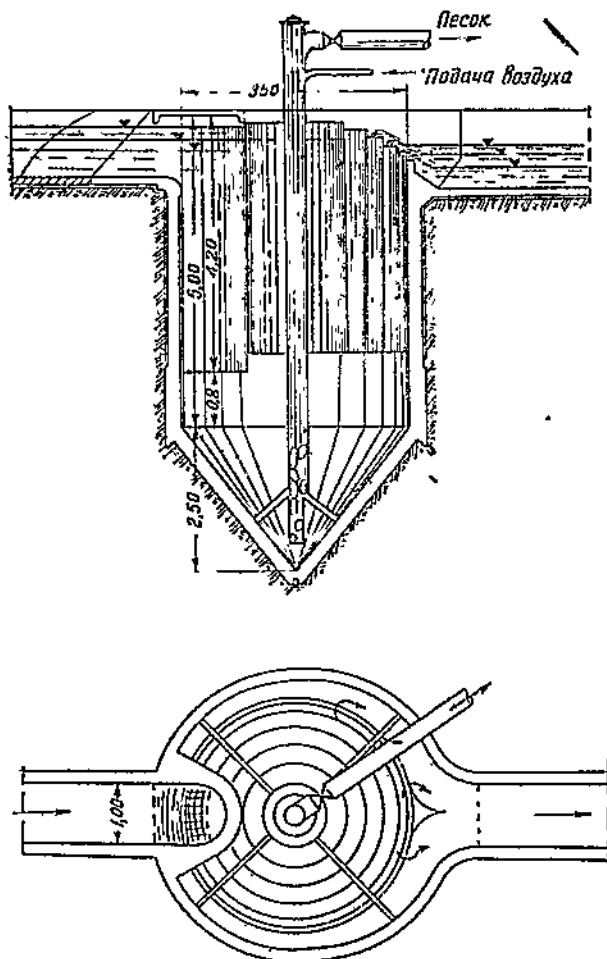


Рис. 19. Песколовка Блунка.

Для непрерывной работы очистных сооружений число песколовок должно быть не менее двух.

Резервуары песколовок обыкновенно делаются из кирпича, бетона и железобетона.

1. Расчет песколовок и работа их

Зная расход сточных вод и задаваясь средней скоростью течения сточной жидкости в песколовке, находят площадь поперечного сечения ее по формуле:

$$\omega = \frac{Q}{v},$$

S — площадь живого сечения песколовки в м^2 ;

Q — расчетный расход в $\text{м}^3/\text{сек}$;

v — средняя скорость течения в $\text{м}/\text{сек}$.

Глубина песколовки определяется практическими соображениями.

Численные значения скоростей течения в песколовках различны у разных авторов и колеблются от 0,10 до 0,30 $\text{м}/\text{сек}$.

По нормам НККХ принимается:

а) скорость в песколовке при максимальном расходе не более 0,30 $\text{м}/\text{сек}$ и не менее 0,05 $\text{м}/\text{сек}$ при минимальном расходе;

б) время прохода жидкости по песколовке при максимальном расходе не менее 30 сек.

Песколовки рассчитываются на скорость движения в них жидкости 0,30 $\text{м}/\text{сек}$; при этой скорости взвешенные вещества минерального происхождения осаждаются, прочие же вещества, преимущественно органического происхождения, проносятся сточной жидкостью.

Время пребывания жидкости в песколовках принимается равным временем от 0,5 до 2,0 мин. Поэтому длину песколовки рассчитывают по формуле: $L = v \cdot t \cdot 60$, где t — время пребывания жидкости в песколовке в минутах.

Так как приток сточных вод в течение суток не равномерен, то в часы малого притока скорость в песколовках будет уменьшаться и может дойти до такого предела, при котором начнется вынашивание взвешенных органических веществ, что весьма нежелательно. Поэтому, кроме вышеприведенного расчета, необходимо проверить песколовку на минимальную скорость.

Как доказано опытами Штейнбагеля (Кельн), Шульца (Прага), Яник. А. И. Жукова (Москва), предельной минимальной скоростью следует считать $v = 0,05 \text{ м}/\text{сек}$.

Необходимо также принять во внимание при определении длины песколовки, что характер осаждения твердых веществ, содержащихся в сточной жидкости, зависит от формы и состава отдельных составных частей. Обычно различают два вида частиц: а) зернистые и б) хлопьевидные.

Зернистые вещества, осаждаясь, не уменьшают своего объема и веса. Ускорению силы тяжести во время их осаждения уравновешивается сопротивлением воды, вследствие чего осаждение каждой отдельной частицы происходит равномерно, т. е. скорость осаждения остается постоянной.

Иначе обстоит дело с хлопьевидными частицами, которые при осаждении сталиваются и слипаются в более крупные хлопья. Объем и вес частиц, таким образом, увеличиваются, и движение их вниз приобретает некоторое ускорение. Следовательно, чем длиннее песколовка, тем менее правильно ее действие вследствие осаждения хлопьевидных веществ, которые, как правило, не должны задерживаться в песколовках.

Количество осадков, задерживаемое песколовками, колеблется в широких пределах. Эти колебания зависят от целого ряда факторов: системы канализации (общесплавная или раздельная), протяжения канализационной сети, конструкции песколовки, скорости движения и пр.

В литературе по данному вопросу не имеется достаточно точных указаний, позволяющих заранее остановить количество осадков для расчета проектируемых песколовки. Поэтому до сих пор проектировщики повторяют конструкции уже работающих сооружений или же вводят изменения, руководствуясь не столько опытами, сколько интуицией.

Количество твердых веществ, задерживающихся в песколовках, различными авторами принимается на 1000 м^3 сточной жидкости: по Дучбару 0,010 м^3 в сутки; по проф. В. Ф. Иванову от 0,010 до 0,020 м^3 в сутки; по данным компании Дорра 0,015 м^3 при общесплавной системе канализации и при крупности песка свыше 0,2 мм. По нормам НККХ количество осадка в песколовках, отнесенное к одному человеку, пользующемуся канализацией, принимается в 0,03 кг в сутки при удельном весе осадка в 2,00.

Влажность осадка в песколовках (в %) по равным данным такова:

в Рурском районе (Германия)	40
по Баббиту (Америка)	45
по нормам НККХ	50
по опытам на Люберецких полях фильтрации	50—60

2. Недостатки существующих песколовок

Песколовки обычного типа имеют ряд недостатков, к числу которых следует отнести:

1) относительно большие размеры песколовок и большую строительную стоимость;

2) почти полную невозможность устройства песколовок на каналах с большими расходами воды в пределах города;

3) задержание вместе с песком грязевых осадков органического происхождения — мочала, тряпок и др., что вызывает затруднения при утилизации песка;

4) трудность механизации и непрерывной эксплуатации.

Перечисленные недостатки в значительной мере задерживали устройство песколовок на очистных сооружениях и насосных станциях.

3. Принцип улавливания песка щелью

Наблюдения над характером движения песка по каналам и лоткам позволяют утверждать, что основная масса песка и других тяжелых веществ движется по дну подобно перемещению речных наносов. Отсюда у проф. С. Н. Строганова возникла мысль выделять из сточной жидкости песок при помощи поперечной

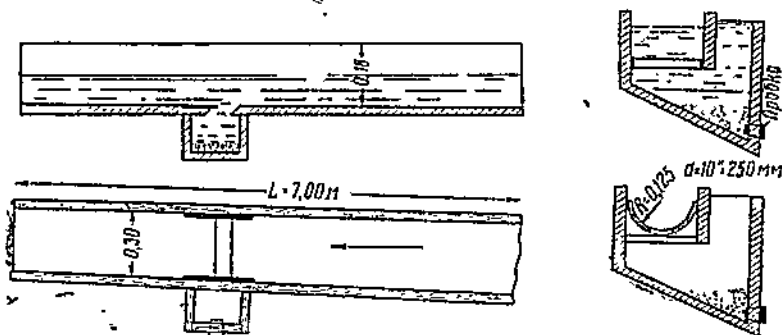


Рис. 20. Щелевая песколовка.

щели, устроенной в дне канала или лотка. Эксперименты в этом направлении были поставлены в лаборатории Люберецких полей фильтрации треста Мосочиствод на специально устроенных моделях, пропускавших до 30 л воды в секунду.

Были испытаны два типа моделей:

1) прямоугольный лоток сечением $0,30 \times 0,18$ м и длиной 7,0 м;

2) труба диаметром 250 мм и длиной 5,0 м.

Первая модель испытывалась на дренажной воде, вторая на сточной жидкости. Тип моделей представлен на рис. 20.

При равных скоростях и расходах жидкости в лоток или трубу вносился чистый сортированный песок определенной крупности. Испытывались фракции песка: от 0,1 до 1,4, от $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{2}$, от $\frac{1}{2}$ до 1 и от 1 до 2 мм.

Опыты ставились при скоростях течения от 0,50 до 1,70 м/сек: при ширине щели 7 и 11 см.

Результаты работы песколовки по эффекту задержки чистого песка приведены в табл. 9.

Следующая серия опытов была поставлена в условиях внесения осадка из сточной жидкости, к которому в различных пропорциях прибавлялся песок. В результате песок задерживался в прежних количествах, а осадок в ничтожной степени (около 2%).

Отдельные наблюдения были поставлены над задержкой песколовкой тряпья, валяного из сточной жидкости. Тряпка проносилась над щелью песколовки, не задерживаясь.

Крупность песка в мм	Скорость течения в м/сек	% задержания по отношению к внесенному количеству песка	Примечание
До $\frac{1}{4}$	от 0,55 до 0,80	53,9	Процент за- держания сред- ний для серии наблюдений при указанных скоростях и крупности песка
От $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{2}$	» 0,62 » 1,70	81,00	
» $\frac{1}{2}$ » 1,0	» 1,25 » 1,83	82,50	
» 1,0 » 2,0	» 0,55 » 1,82	96,50	

Те же наблюдения были повторены для щели в трубе со сточной жидкостью. Результаты получились те же.

Эти предварительные опыты привели к выводу, что применение щели в каналах и лотках при обычных эксплуатационных скоростях вполне отвечает требованиям, предъявленным к песколовкам — значительный процент задержания песка (53—96) при пропускании тряпья и других волокнистых веществ.

Указанные опыты привели к конструкции песколовок очень простого типа, одинаково применимых как перед очистными сооружениями, так и на канализационной сети, что выгодно отличает песколовку со щелью от всех других типов, слишком громоздких для использования их на сети.

Уже по ознакомлении с указанными наблюдениями при детальном просмотре литературы выяснилось, что песколовка этого типа с поперечной щелью была предложена в 1882 г. В. Парье (Франкфурт-на-Майне) ¹, однако мы нигде не встречали указаний на применимость ее на практике, вследствие чего по было никаких данных по работе песколовки со щелью.

4. Намечающаяся конструкция щелевой песколовки

В канале или лотке делается поперечная щель, открывающаяся в приямок, находящийся под лотком или под трубой. Приямок делается с круто наклонным дном, по которому песок сползает в сборный резервуар, откуда тем или иным способом поднимается на поверхность земли. Приспособлением для подъема песка могут быть лебедки, ковши и поршн как стационарные, так и подвижные.

Резервуар (как показано на рис. 21) заполнен водой до уровня, на котором она стоит в канале.

Размеры щелевой песколовки значительно меньше, и оборудование проще, чем для обычных песколовки.

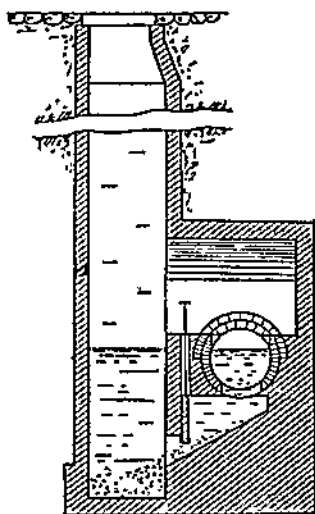


Рис. 21. Щелевая песколовка (конструкция).

¹ М. Ферстер, «Справочная книга для инженеров-строителей», ч. 3, ОНТИ, 1934.

Устройство щелевых песколовков вполне уместно:

1) на отдельных участках канализационной сети. В этом случае на мостовую выходит только крышка специального колодца, в которую во время подъема спускается норня или цепь лебедки с автомобиля;

2) перед очистными сооружениями и самотечными частями загородных каналов;

3) на отдельных патках, подводящих производственные сточные воды, для давления песка и других тяжелых веществ (вместо отстойников), недопустимых к спуску в канализацию;

4) перед дюкерами.

Очень вероятно применение принципа песколовной цепи к обработке промышленных сточных вод и в процессах мокрого обращения руд.

5. Принцип действия щелевой песколовки

Основным принципом работы щелевой песколовки является использование разницы в скоростях движения и падения твердых частиц в воде в зависимости от их удельного веса.

Процесс разделения твердых веществ сточной жидкости происходит уже в самом лотке (канала) под влиянием текущей струи воды.

Если отбросить ряд явлений, наблюдающихся в лотке, то можно было бы объяснить выпадение тяжелых веществ через щель равницей как в скоростях

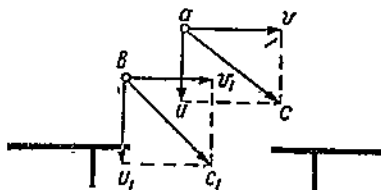


Рис. 22. Схема движения частиц.

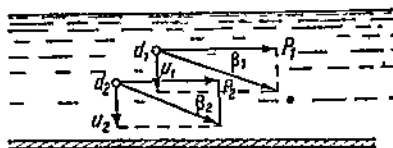


Рис. 23. Схема движения частиц.

продольного перемещения по дну лотка, так и в скоростях падения частиц легких и тяжелых по удельному весу. Если рассматривать движение двух частиц одного размера с разными удельными весами, например, a — органическое вещество и c — минеральное (рис. 22), при прохождении их над щелью, то частица a , обладающая большей скоростью продольного перемещения v и меньшей скоростью падения u , будет двигаться по направлению равнодействующей скорости c , поэтому она пройдет над щелью; частица же c , имеющая меньшую скорость продольного перемещения v_1 и большую скорость падения u_1 , упадет через щель в приемок по направлению равнодействующей скорости c_1 .

Наиболее существенным фактором разделения органических и минеральных веществ является наблюдающийся процесс расслоения, вследствие которого минеральные вещества, как наиболее тяжелые, образуют нижний слой, отлагающийся и движущийся непосредственно надне органические же, как более легкие, выжимаются вверх. Это явление вызывается следующими причинами. Допустим, что в поток воды, текущей по лотку, падают органические и минеральные частицы (рис. 23). Если падение начинается с начальной скоростью, равной нулю, то в начальный момент в потоке каждая частица будет находиться под влиянием двух сил: силы тяжести:

$$g_0 = \frac{\pi \cdot d^3 (\gamma_1 - 1) \cdot g}{6}$$

и силы динамического давления текущей струи воды:

$$P = t \cdot d^2 \cdot v^2,$$

где v — скорость струи. Направление равнодействующей этих двух сил должно указать начальную траекторию перемещения частицы. Таким образом, мы сможем определить угол β , образуемый этой траекторией с направлением потока;

очевидно, что

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{g_0}{P} = \frac{\pi \cdot d^3 (\gamma_1 - 1) \cdot g}{6l \cdot d^2 \cdot v^2} = \frac{\pi \cdot d (\gamma_1 - 1) g}{6l \cdot v^2}. \quad (10)$$

Отсюда можно заключить, что угол β будет тем больше, чем больше удельный вес данной частицы. Если размеры обеих частиц одинаковы, то в силу равенства в удельных весах минеральная частица будет падать в потоке под более крутым углом, чем частица органического происхождения. Одинаковый угол падения будут иметь равнопадающие частицы, что вытекает из следующего положения. Если d_1 и γ_1 — размер и удельный вес органической частицы, а d_2 и γ_2 — размер и удельный вес минеральной частицы и частицы имеют одинаковую траекторию падения, то тангенсы падения для них равны:

$$\frac{\pi \cdot d_1 (\gamma_1 - 1) \cdot g}{6l_1 \cdot v^2} = \frac{\pi \cdot d_2 (\gamma_2 - 1) g}{6l_2 \cdot v^2}$$

или

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{l_1 (\gamma_1 - 1)}{l_2 (\gamma_2 - 1)} = c; \quad (11)$$

это есть условие равнопадаемости частиц в воде.

Благодаря тому, что минеральные частицы направляются при пересечении потока круто вниз, а органические частицы сносятся водой на некоторое расстояние вперед, минеральные частицы скорее будут достигать струй воды, имеющих меньшую скорость, чем скорость на поверхности, раньше выпадут на дно лотка и будут двигаться в придонной части. Проходя над щелью, где отсутствует твердое дно, частицы будут проваливаться вниз. Процесс расслоения тяжелых и легких веществ дополняется также вертикальными токами воды, образующимися среди минеральных частиц (зерен), отлагающихся на дно лотка.

Происхождение вертикальных токов объясняется тем, что струя воды, текущая по лотку, ударяясь о тело, лежащее на дне или же медленно двигающееся, испытывает сопротивление (рис. 24), в силу чего происходят восходящие токи.



Рис. 24. На дне канала лежит камень.

Вертикальные вихревые токи могут выносить вверх более легкие частицы, вызывая расслаивание материала, а также производить отмывку.

Продольное перемещение минеральных зерен по дну лотка в различных слоях совершается с различной скоростью, а именно: верхние слои движутся значительно быстрее, чем нижние. Такой характер движения вызывается не только разницей в скоростях струй воды в лотке, но главным образом взаимным трением частиц друг о друга. Это движение можно сопоставить с течением вязкой жидкости по наклонной плоскости, при котором скорость в каждом отдельном слое может быть выражена, в зависимости от глубины положения данного слоя, формулой:

$$W = \frac{2v \cdot h}{3H} \left(2 - \frac{h}{H} \right), \quad (12)$$

где: W — скорость течения в данном слое;

v — средняя скорость течения;

H — глубина потока;

h — расстояние данного слоя от дна.

Формула (12) представляет собой параболический закон распределения скоростей при течении вязких жидкостей.

Явления расслоения и разницы в скоростях продольного перемещения различных слоев сточной жидкости в канале создают благоприятные условия для выпадения в щель тяжелых веществ, так как в щель могут выпадать частицы осадков, расположенных в нижнем слое, частицы же, находящиеся в верхних слоях, будут проходить над щелью.

Глава 4. ИСПЫТАНИЕ ЩЕЛЕВОЙ ПЕСКОЛОВКИ

ПЕРВАЯ СЕРИЯ ОПЫТОВ

Рациональность устройства щелевой песколовки заставила поставить на учение этой конструкции на установках эксплуатационного типа.

Для этой цели в 1936 г. щелевая песколовка больших размеров была поставлена на разводной канале Люберецких полей фильтрации, и эксперименты, следовательно, проводились в эксплуатационных условиях.

По своей конструкции Люберецкая песколовка представляла собой следующее устройство: в деревянном лотке разводной напавы шириной 0,52 м и высотой 0,46 м в дне было сделано поперечное отверстие (щель) шириной 0,45 м, а под ней приямок с круто наклонным дном, кончающийся сборником.

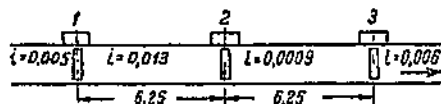


Рис. 25. Схема расположения песколовки.

Щель могла перекрываться деревянным щитком, вставляемым в павы.

Выпуск жидкости из сборного резервуара производился через отверстие в его нижней части, которое на время наблюдений закрывалось пробкой.

В процессе работ выяснилось, что исследование работы одной песколовки не позволяет установить эффективности работы щелевых песколовки ни по выявлению процента задержания твердых примесей из сточных вод, ни по изучению влияния гидравлических факторов на работу щели. Поэтому были поставлены еще две песколовки одинаковой конструкции и размеров, и все три песколовки были расположены последовательно одна за другой на расстоянии 6,25 м друг от друга (рис. 25).

Недостатком опытной установки являлось неопосредованное уклоняемое дно разводной канавы перед песколовками, которое получалось вследствие неравномерной просадки дна канавы после ее постройки, что, к сожалению, замечено было не сразу. Вследствие этого скорости течения жидкости над песколовками были различны, что значительно усложнило обработку результатов наблюдений.

1. Методика и производство наблюдений

Наблюдения за работой песколовки производились в период 1936 г. следующим образом: в каждый сборный резервуар вставлялся поднимающийся на веревке железный бачок, все щели закрывались щитками; закрывались также и выпускные отверстия в резервуарах. После этого по лотку пускалась сточная жидкость, и замерялись скорости ее течения. Затем щели одновременно открывались, и поддерживался нормальный расход жидкости.

Первоначальные наблюдения проводились над задержкой песка, который в определенных количествах вносился в поток жидкости выше песколовки.

Оказалось, что количество задержанных песколовками тяжелых веществ значительно превышает количество внесенного песка за счет наличия в потоке твердых тяжелых примесей. Количество последних оказалось настолько значительным, что сборный бачок емкостью 0,0134 м³ заполнялся за 15—20 мин. Затем наблюдения проводились в течение 15—20 мин. без дополнительного внесения песка.

По прошествии установленного срока щели всех песколовки одновременно закрывались, и песколовки выключались из работы. Жидкость из приямков выпускалась, и бачки вынимались со всеми попавшими в них веществами. Количество веществ, задержанных каждой песколовкой, измерялось объемным способом.

Наблюдения проводились при разных наполнениях канала, а следовательно, при разных скоростях течения и расходах сточной жидкости.

Из уловленной песколовками массы отбирались образцы, которые подвергались механической сортировке на ситах на 7 фракций по крупности. В отдельных случаях определялось в пробах содержание минеральных веществ путем прокалывания проб.

2. Результаты наблюдений

Процент задержания щелочной песколовокой чистого песка, внесенного в лоток при скоростях течения воды $v = 1,00$ м/сек, в среднем равняется 70—82 по отношению к внесенному количеству песка.

Количество внесенного песка устанавливалось по объему мерного бачка емкостью 5610 м³. Песок вносился в напаву на расстоянии 25 м выше песколовок на тех соображений, чтобы дать возможность песку осесть и передвигаться по дну. Оказалось, что не весь песок доходил до песколовки, часть его оставалась на дне разводной напавы, поэтому песок стал вноситься в разводную напаву выше песколовок на 12 м. Указанного расстояния при средних скоростях течения оказалось вполне достаточно, чтобы песок осел и передвигался по дну лотка.

Средние результаты из 9 проведенных опытов с искусственным внесением песка приведены в табл. 10, 11, 12.

Таблица 10

Опыт 1. 2/VIII 1935 г.

№ песколовок	Ширина щели в м	$v_{ср}$ над щелью в м/сек	Внесено песка см ³	Задержано песка см ³	Распределение между пескололками задержанного песка в %	Примечание
2	0,15	0,89	5610	2948	70,59	Расход $Q = 0,097$ м ³ /сек
3	0,15	0,85		1228	29,41	

Задержанное количество чистого песка по отношению к внесенному количеству распределяется:

песколовка № 2 — 52,5%,
песколовка № 3 — 21,8%,
не задержано пескололками — 25,7%.

Таблица 11

Опыт 2. 2/VIII 1935 г.

№ песколовок	Ширина щели в м	$v_{ср}$ над щелью в м/сек	Внесено песка см ³	Задержано песка см ³	Распределение между пескололками задержанного песка в %	Примечание
2	0,15	1,05	5610	3569	78,87%	Расход $Q = 0,166$ м ³ /сек
3	0,15	1,00		1014	22,13%	

Задержанное количество чистого песка по отношению к внесенному количеству распределяется:

песколовка № 2 — 63,6%,
песколовка № 3 — 18,07%,
не задержано пескололками — 18,33%.

Опыт 3. 3/VIII 1935 г.

№ пес-коло-вок	Ширина щели в м	$v_{ср}$ над щелью в м/сек	Внесено песка см ³	Задержано песка см ³	Распреде-ление между песколовками задержанного песка в %	Примечание
1	0,15	1,59	5610	1506	41,00	Расход $Q = 0,116$ м ³ /сек
2	0,15	1,22		992	27,00	
3	0,15	1,07		1175	32,00	

Задержанное количество чистого песка по отношению к внесенному количеству распределяется:

песколовка № 1 — 26,8%,

песколовка № 2 — 17,6%,

песколовка № 3 — 20,4%,

но задержано песколовками — 35,2.

Надо отметить, что внесенный песок по цвету значительно отличается от песка, поступающего со сточной жидкостью: первый имел желтый цвет, второй — черный. Цвет песка был характерен для каждой песколовки, особенно по сравнению с цветом песка, оставшегося в лотке перед песколовками.

Дальнейшие наблюдения проводились на сточной жидкости без дополнительного внесения песка. Первые опыты, проведенные на трех песколовках, показали, что учесть эффект первой песколовки в процентах является затруднительным ввиду того, что, как сказано, скорости течения жидкости над всеми песколовками были различны.

Общее количество полевых опытов, произведенных в указанных условиях за период с 2/VIII по 19/XI 1936 г., включая и повторные, составляет 34.

Данные опыты приведены в сводной табл. 13 и расположены в порядке увеличения расходов сточной жидкости.

Таблица 13

№ п/п	Дата наблюдений	№ песколовок в в м/сек			Q в м ³ /сек	Ширина щели в м	Задержано песколовками за 15 мин. см ³			Всего задержано см ³	% задержки к общему количеству		
		1	2	3			1	2	3		1	2	3
1	14/XI	1,12	0,88	0,81	0,088	0,15	1005	670	1005	2680	37,5	25	37,5
2	4/IX	1,59	1,22	0,97	0,116	0,15	1100	1260	1000	3360	33	38	29
3	25/IX	1,36	1,00	0,89	0,160	0,15	2345	3015	2680	8040	29	37	34
4	7/IX	1,36	1,06	0,97	0,165	0,15	7035	5360	2680	15075	47	35	18
5	5/IX	1,36	0,99	0,97	0,176	0,15	3350	6030	2680	12060	28	50	22
6	5/IX	1,36	0,99	0,97	0,176	0,15	2345	4690	2680	9715	24	48	28
7	25/IX	1,39	0,94	0,93	0,177	0,15	3015	4690	2010	9715	31	48	21

Из табл. 13 видно, что разные скорости над каждой песколовкой не позволяют рассматривать песколовки № 2 и 3 как контроль над работой первой песколовки.

Табл. 14, 15 и 16 характеризуют состав тяжелых веществ, задерживаемых песколовками.

Таблица 14

Опыт 1. 25/IX 1935 г.

№ песко-ловки	v в м/сек	Задержано песко-ловками см ³	Содержание тяжелых веществ по весу в %		Содержание органического вещества в %		Примечание
			> 1 мм	< 1 мм	> 1 мм	< 1 мм	
1	1,40	3015	55,00	45,00	82,25	21,78	Расход $Q = 0,180 \text{ м}^3/\text{сек}$ Продолжительность опыта $t = 15 \text{ мин.}$ Щель 0,15 мм
2	0,97	4020	70,50	29,50	84,42	31,60	
3	0,94	2345	58,26	41,74	89,64	40,16	

Таблица 15

Опыт 2. 14/XI 1935 г.

№ песко-ловки	v в м/сек	Задержано песко-ловками см ³	Содержание тяжелых веществ по весу в %		Содержание органического вещества в %		Примечание
			> 1 мм	< 1 мм	> 1 мм	< 1 мм	
1	1,26	3015	54,00	46,00	—	15,40	Расход $Q = 0,176 \text{ м}^3/\text{сек}$ Продолжительность опыта $t = 15 \text{ мин.}$ Щель 0,15 мм
2	0,99	2345	63,50	36,50	—	13,02	
3	0,97	2010	36,26	63,74	—	16,90	

Таблица 16

Опыт 3. 8/X 1935 г.

№ песко-ловки	v в м/сек	Задержано песко-ловками см ³	Содержание тяжелых веществ в %				Примечание
			по объему		по весу		
			> 1 мм	< 1 мм	> 1 мм	< 1 мм	
1	1,47	3015	64,0	36,0	39,0	61,0	Расход Q = 0,213 м ³ /сек Продолжительность опыта t = 15 мин. Щель 0,15 мм
2	1,10	2680	69,0	30,0	41,8	58,0	
3	1,40	2010	68,0	31,0	42,9	56,8	

Из табл. 14, 15 и 16 видно, что над первой песколовкой была наибольшая скорость течения; скорости же над второй и третьей различались всего на 5—8 см/сек. Рассматривать работу второй и третьей песколовки независимо от первой было нельзя, так как часть тяжелых веществ улавливалась первой песколовкой при иной скорости течения. Мы принимали условно работу первой песколовки самостоятельной по количеству и качеству уловленных тяжелых веществ. Работа второй песколовки характеризовалась суммой задержанных веществ в первой и второй песколовках вместе. Работа третьей песколовки учитывалась по суммарной работе всех трех. Обработанный материал наблюдений сведен в табл. 17, 18 и 19.

Таблица 17

Опыт 1. 25/IX 1935 г.

№ песко- ловки	v в м/сек	Задержано песколовками см ³	Содержание т- желых веществ по весу в %		Содержание органи- ческих веществ в %	
			> 1 мм	< 1 мм	> 1 мм	< 1 мм
1	4,40	3015	55,0	45,0	82,25	21,78
2	0,97	7035	62,0	38,0	83,37	26,69
3	0,94	9380	55,5	44,5	85,52	31,18

Таблица 18

Опыт 2. 14/XI 1935 г.

№ песко- ловки	v в м/сек	Задержано песколовками см ³	Содержание т- желых веществ по весу в %		Содержание органи- ческих веществ в %	
			> 1 мм	< 1 мм	> 1 мм	< 1 мм
1	4,26	3015	54,0	46,0	—	15,4
2	0,99	5360	58,5	41,5	—	18,2
3	0,97	7370	61,2	48,8	—	16,9

Таблица 19

Опыт 3. 8/X 1935 г.

№ песко- ловки	v в м/сек	Задержано песколовками см ³	Содержание тяжелых веществ в %			
			по объему		по весу	
			> 1 мм	< 1 мм	> 1 мм	< 1 мм
1	4,47	3015	64,0	36,0	39,0	61,0
2	4,10	5695	69,0	31,0	42,0	58,0
3	4,40	7705	67,2	32,8	32,8	57,4

Совпадение в табл. 17, 18 и 19 количества задержанных веществ первой песколовкой — 3015 см³ — является случайным.

Ряд опытов был проведен с постановкой за щелями порогов. Задача постановки порогов — уравнять скорости течения жидкости над песколовками, а также определять, как пороги влияют на задержку тяжелых веществ щелями.

Установленные пороги представляли собой деревянные брусья (планки), поставленные поперек канала непосредственно за щелью, и возвышались над дном лотка на разную высоту.

Так, при высоте порога за щелью у первой песколовки $h = 0,10$ м, у второй $h = 0,045$ м имеем данные, приведенные в табл. 20.

Таблица 20

Опыт 4. 13/XI 1935 г.

№ песко- ловки	v в м/сек	Задерж- жано песко- ловками см ³	Распреде- лие задержки между песко- ловками в %	Содержание тя- желых веществ в % по весу		Содержание органических веществ в %	
				> 1 мм	< 1 мм	> 1 мм	< 1 мм
1	0,91	14 740	77,0	84,9	15,1	—	23,85
2	1,02	2 345	12,0	73,6	26,4	—	25,95
3	0,99	2 010	11,0	70,1	29,9	—	23,50
—	—	19 095	—	—	—	—	—

Следовательно, пороги, даже небольшой высоты, значительно повышали процент задержки тяжелых веществ песколовкой по отношению ко всей массе, уловленной песколовками (что также видно и на табл. 21, когда за щелями у всех песколовочек во время наблюдений стояли пороги высотой 0,045 м).

Таблица 21

№ песколовки	Дата наблюдений	№ песко- ловочек			Q м³/сек	Ширина щели в м	Задержано песколовками за 15 мин. см³			Всего задер- жано см³	% задержки к общему ко- личеству		
		v в м/сек											
		1	2	3			1	2	3		1	2	3
1	7/IX	1,02	1,02	1,02	0,169	0,45	10 720	4020	3015	17 755	60	23	17
2	7/IX	1,02	1,02	1,02	0,169	0,45	7 300	1005	1675	10 050	73	10	17
3	5/IX	1,07	1,07	0,98	0,178	0,45	10 720	2680	3350	16 750	64	16	20

Чтобы судить о работе песколовочек в отношении последовательного распределения тяжелых веществ, были проведены опыты над работой двух песколовочек при одинаковых скоростях течения.

Результаты приведены в табл. 22.

№ песколовки	v в м/сек	Задержано песко- ловками см ³	Распре- деление задерж- ки меж- ду пес- колов- ками в %	Содержание тяжелых веществ в %				Содержание органических веществ в %
				по объему		по весу		
				> 1 мм	≤ 1 мм	> 1 мм	≤ 1 мм	
2	1,00	4020	66	68,0	37,8	36,0	66,2	3,97
3	1,00	2010	34	60,0	33,6	32,0	52,4	10,63

Чтобы узнать, как влияют скорости на задержку тяжелых веществ и их состав, наряду с нормальными скоростями течения, были проведены опыты с малыми скоростями течения. Результаты опыта на трех последовательно расположенных песколовках приведены в табл. 23.

Таблица 23

№ песко- ловки	v в м/сек	Задержано песколов- ками см ³	Распределение задержки между песколовками в %	Примечания
1	0,60	2010	30	Расход Q = 0,07 м ³ /сек. Продолжительность t=15 мин. Щель 0,15 м
2	0,43	1842	28	
3	0,30	2680	42	
			100	

По своему составу задержанные в данном случае вещества представляют: песколовка 1: преобладает песок, есть кухонные отбросы, кашеобразная масса; песколовка 2: песка очень мало, много мелких кухонных отбросов; песколовка 3: песка почти нет, преобладают мелкие кухонные отбросы, зернистая масса, появилась мелкая бумага.

По характеристике собранного материала всех наблюдений получаем, что содержание тяжелых веществ крупностью более 1 мм составляет в среднем около 40% с колебаниями от 62 до 32%, вне зависимости от скоростей течения.

Характеризуя фракции тяжелых веществ крупнее 1 мм по содержанию в них органических веществ, имеем потерю при их прокаливании в среднем 80—85%.

В мелких фракциях, меньше 1 мм, механической сортировкой находим исключительно песок с незначительным содержанием органических примесей. Содержание органических веществ в мелких фракциях зависит от скорости течения жидкости над песколовками, что видно из табл. 14.

При последовательной работе трех песколовков с одинаковой скоростью количество тяжелых веществ распределялось по песколовкам последовательно и пропорционально удельному весу отдельных частиц. Такое распределение уловленных тяжелых веществ объясняется разницей удельного веса отдельных частиц и послойным распределением твердых веществ в лотке канала. Более тяжелые частицы занимают самое нижнее положение, движутся непосредственно по дну лотка, более легкие частицы располагаются выше последовательными слоями. Проходя над первой щелью, частицы нижнего слоя будут проваливаться в приямок, частицы же следующего слоя пройдут над щелью. Не имея под собой слоя, который уже задержался в первой песколовке, частицы бывшего второго слоя займут теперь наивысшее положение и, подвигаясь к щели второй песколовки, будут проваливаться в приямок.

Указанное расслоение будет происходить до тех пор, пока придонная скорость течения будет проносить частицы с небольшим удельным весом над щелью. Предел расслоения твердых частиц в потоке в значительной мере зависит от скорости течения, и каждая скорость даст свои результаты сортировки тяжелых веществ, задерживающихся песколовками. Если вместо трех последовательно расположенных песколовков с одинаковыми размерами щели поставить одну песколовку со щелью, по размеру равной сумме трех щелей, то надо предполагать, что аналогичной работы обеих установок как по удельному весу, так и по составу задержанных тяжелых веществ не получится.

Весьма характерным является то, что при всех проведенных наблюдениях тропы проносились течением и в щели не попадало.

3. Количество тяжелых веществ

В разводную канаву, на которой проводились наблюдения за песколовками, сточная жидкость поступала из главного канала, пройдя от него путь около 3 км, имея при этом по пути большое количество ответвлений и выпусков. Кроме того, сточная жидкость из главного канала в разводную канаву поступает из-под щита, который бытует поднят на различную высоту, в зависимости от требований района в воде. Вследствие указанных причин, при одном и том же расходе, поток жидкости в канаве, на которой стояли песколовки, несет не одинаковое количество тяжелых веществ. Это обстоятельство влияло на количество, а также и на состав тяжелых твердых веществ, поступающих на поля и задерживаемых песколовками. Количество задержанного песколовками осадка было все же довольно значительное. Так, по данным всех опытов, при среднем расходе $Q = 0,180 \text{ м}^3/\text{сек}$ за 15 мин, песколовками задерживалось в среднем 9500 см^3 тяжелых веществ. Это дает в сутки 915 л тяжелых веществ осадка на $15\,550 \text{ м}^3$ сточной жидкости, прошедшей над песколовками. Считая норму воды 100 л на человека в сутки, получается, что количество твердых веществ, задерживаемое песколовками, составляет $5,86 \text{ см}^3$ или $0,009 \text{ кг}$ на 1 человека в сутки при плажной сточной осадка 50% и удельном весе его около 1,60.

Надо оговориться, что указанные цифры относятся к тем специфическим условиям, в каких работали опытные песколовки, и несомненно, что количество твердых веществ, содержащееся в сточной жидкости, поступающей на поля, значительно больше.

ВТОРАЯ СЕРИЯ ОПЫТОВ

Поскольку основные условия работы щелевой песколовки в достаточной мере освещены опытами 1936 г., следует дать сравнительную оценку щелевой песколовки по отношению к обычным типам песколовков.

Для сравнения с щелевой была выбрана наиболее надежно работающая горизонтальная песколовка так называемой «системы Дингофа».

Наблюдения проводились на опытном стенде Люберецких полей фильтрации, устроенном в 1937 г. для изучения гидравлического режима канализационной сети.

Опытной проверке подлежали также и некоторые другие вопросы, касающиеся проектирования песколовков. Так, необходимо было сравнить эффективность работы обеих песколовки при различных скоростях течения в них жидкости и испытать возможность удаления осадков из песколовки путем выпуска их через трубу.

Экспериментальные работы второй серии опытов по изучению работы песколовки проводились с сентября по декабрь 1937 г.

1. Описание опытной установки

При выборе постройки песколовки преследовалась цель получить сточную жидкость в перемешанном состоянии. Поэтому песколовки были построены вблизи выходной камеры дюкера, так как сточная жидкость, выходя из дюкера, интенсивно перемешивается.

а) Горизонтальная песколовка. В пониженной части днища песколовки, куда сползает осадок, была вставлена железная труба диа-

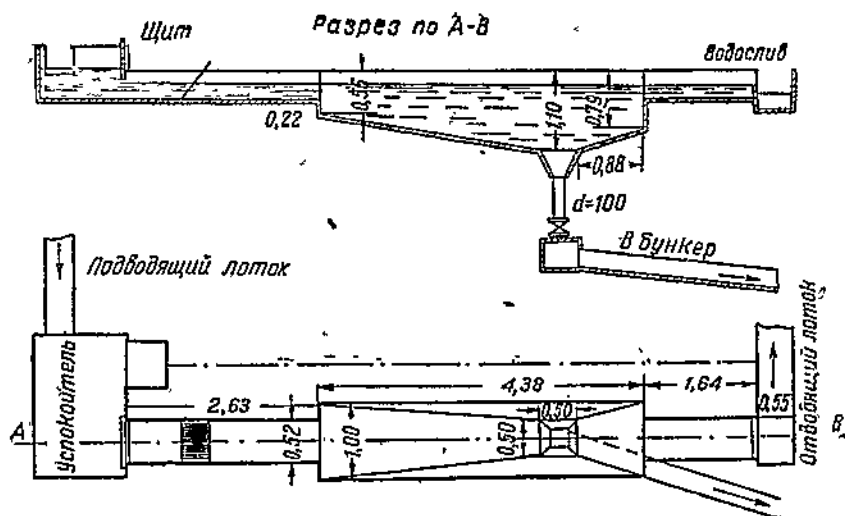


Рис. 26. Чертеж горизонтальной песколовки.

метром 100 мм, на которой была установлена задвижка Лудло. Труба имела плавный поворот под углом 90° .

Наблюдения над выпуском из песколовки осадка по трубам показали, что труба в точке поворота забивается. Поворот был удален и заменен промежуточным бачком, из которого осадок по лотку направлялся в бункер для обезвоживания.

Для учета жидкости, проходящей через песколовку, в конце отводящего лотка был поставлен прямоугольный водослив с боковым сжатием (рис. 26). Водослив был тарирован объемным способом.

б) Щелевая песколовка была устроена в виде прямоугольного лотка длиной 30,25 м, шириной 0,55 м и высотой 0,44 м с щелью шириной 0,15 м.

2. Методика и производство наблюдений

Наблюдения за работой песколовки проводились следующим образом: песколовки освобождались и промывались от осадков, оставшихся от предыдущего опыта, после чего в песколовки одновременно направлялась сточная жидкость. Расходы жидкости, проходящей через песколовки, учитывались: а) для горизонтальной песколовки — тарированным водосливом, б) для щелевой — замером наполнения в тарированном лотке. За все время проведения каждого опыта поддерживался постоянный расход жидкости, что достигалось путем маневрирования щитами в подводящих лотках.

Расходы сточной жидкости устанавливались такие, чтобы скорости v в песколовках получались для горизонтальной песколовки от 0,07 до 0,25 м/сек (т. е. скорости, обычно принимаемые при расчете подобных песколовки); для щелевой песколовки — от 0,60 до 1,06 м/сек (скорости, принимаемые при расчете самотечных каналов и труб).

Вследствие недостаточной пропускной способности лотков горизонтальной песколовки и так как при малых скоростях течения жидкости в щелевой песколовке тяжелые осадки отлагались в лотке и не доходили до щели, не представлялось возможным испытать работу песколовки при одинаковых скоростях течения жидкости.

По истечении определенного времени работы песколовки они выключались из действия и разгружались от осевших в них осадков. Осадки из горизонтальной песколовки выпускались через трубу, а из щелевой вынимались вместе с выдвижным бачком. Производился замер осадков, задержанных каждой песколовкой в отдельности, и определялся состав осадков. Замер количества осадков,

являемых из песколовков, производился по объему, для чего применялся мерный железный бачок емкостью 0,029 м³. Осадок в бачке обезвреживался до определенной влажности, для чего бачок закрывался доской и переворачивался вверх дном. После удаления воды слой осадка в бачке замерялся метром, и вычислением находился объем осадков.

В различных точках песколовки и в подводщем и отводящем лотках брались пробы сточной жидкости для определения содержания взвешенных веществ. Определение количества взвешенных веществ производилось объемным способом, т. е. путем двухчасового отстаивания жидкости в цилиндрах «Лысенко».

Параллельно брались пробы для механической сортировки осадка. Взятые пробы высушивались до воздушно-сухого состояния, а затем производилась сортировка по крупности на 8 фракций на ситах. Размер сит был взят 10; 5; 3; 2; 1; 0,5; 0,25 мм и меньше 0,25 мм. Для каждой фракции прокаливанием определялось содержание органических веществ в процентах.

Были проведены также опыты по задержанию песка, который в определенных количествах вносился в поток жидкости выше песколовков. Песок вносился не сразу, а небольшими порциями в течение 10—15 мин. Вносимый песок не сортировался, а поэтому имел разнообразную крупность, которая колебалась от 4 до 0,5 мм. Вносимый песок имел желтую окраску.

Одновременно проводились наблюдения за эффективностью и за временным обезвреживанием осадка в бункере.

3. Результаты наблюдений

Содержание твердых тяжелых примесей в сточной жидкости зависит от системы канализации, протяженности канализационной сети, а также условий эксплуатации. Приводим данные, характеризующие состав твердых примесей сточной жидкости московской канализации в зависимости от места взятия проб. Приведенные данные в табл. 3 характеризуют состав твердых тяжелых примесей, отложившихся в так называемом нижнем главном канале в Москве. В табл. 24 приведены данные, характеризующие твердые примеси, которые были задержаны опытными песколовками на Люберецких полях фильтрации, куда сточная жидкость подается главным нижним каналом, пройдя станцию перекачки, напорный и самотечный каналы протяжением около 14 км. На своем пути жидкость движется с различными скоростями в зависимости от уклонов канала. Наблюдаемые скорости колебались от 1,90 до 0,65 м/сек.

Из табл. 3 и 24 видно, что состав твердых тяжелых примесей является функцией условий работы каналов: наиболее тяжелые частицы осаждаются в самом канале и не доходят до очистных сооружений.

Приведенные данные позволяют подтвердить ранее сделанный вывод. Основной процесс разделения твердых веществ сточной жидкости по весу проис-

Таблица 24

Состав твердых примесей, рассортированных на ситах

Размер сит в мм	Вес в г	%	Состав осадка
Свыше 10 . . .	27,0	20,77	Ягоды, арбузные семечки, скорлупа орехов, спички и кухонные отбросы
5—10	42,0	32,31	Семечки фруктов и кухонные отбросы
3—5	23,0	17,70	Ягоды, семечки фруктов, мелкие кости и бумага
2—3	8,0	6,15	Бумага, смешанная с песком, и мелкие кухонные отбросы
1—2	10,0	7,70	Бумага, смешанная с песком, и семена растений
1/2—1	4,0	0,77	Песок и семена растений
1/4—1/2	7,5	5,77	Песок и семена растений
Меньше 1/4 . .	11,5	8,83	Песок с примесью осадка

ходит в самом канале. Под влиянием потока жидкости минеральные вещества как наиболее тяжелые движутся в придонном слое и при уменьшении скоростей течения осаждаются, образуя плотные отложения, которые постепенно заволакиваются волокнистыми отбросами и в таком состоянии уже не могут быть размыты даже при повышенных скоростях течения.

Первоначальные опыты по сравнению работы горизонтальной и щелевой песколовки проводились с искусственным внесением песка, количество которого определялось объемным способом. Этим путем были получены данные для точного сравнения процента задержки одного песка (табл. 25 и 26).

Таблица 25

Тип песколовки	Q в м ³ /сек	v в м/сек	Время пробы- вания в секун- дах	Внесено песка см ³	Задер- жано песка см ³	% задерж- ки
Щелевая	0,044	0,60	0,465	5000	3750	75,0
	0,053	0,61	0,460	5000	3600	72,0
	0,070	0,65	0,400	5000	3450	69,0
	0,075	0,90	0,370	5000	3100	62,0
	0,114	1,06	0,264	5000	2980	59,0

Таблица 26

Тип песколовки	Q в м ³ /сек	v в м/сек	Время пробы- вания в секун- дах	Внесено песка см ³	Задер- жано песка см ³	% задерж- ки
Горизонтальная	0,0208	0,07	62,5	5000	4850	97,0
	0,0256	0,098	44,8	5000	4810	96,0
	0,0335	0,15	29,0	5000	4800	96,0
	0,0436	0,20	24,8	5000	4500	90,0
	0,0496	0,25	17,5	5000	4460	89,0

Опыт 8/X 1937 г.

Горизонтальная песколовка

Таблица 27

$Q = 0,0436$ м³/сек, $v = 0,20$ м/сек

Размер сит в мм	Вес в г	%	Содержание орга- нических веществ в %
До 10	27,0	20,77	85,02
5—10	42,0	32,31	87,25
3—5	23,0	17,70	75,11
2—3	8,0	6,15	31,41
1—2	10,0	7,70	34,97
1/2—1	1,0	0,77	59,32
1/4—1/2	7,5	5,77	30,13
Меньше 1/4	11,5	8,83	6,63
Итого	130,0	100,00	66,53 (в среднем)

Кроме песка, в песколовках задерживалось также значительное количество и других тяжелых веществ, содержащихся в сточной жидкости, которые в учет не вошли и были отделены при сортировке.

Все последующие наблюдения проводились без дополнительного внесения песка в поток сточной жидкости, поступающей на песколовки.

В этой стадии наблюдений (в эксплуатационных условиях) характеристика задерживаемых песколовками тяжелых веществ показала преимущественное содержание среди них тяжелых веществ органического происхождения, как-то: костей, семян фруктов, спичек и разных кухонных отходов.

Данные опытов приведены в табл. 27, 28, 29 и 30.

Таблица 28

Опыт 8/X 1937 г.

Щелевая песколовка

$$Q = 0,053 \text{ м}^3/\text{сек}, \quad v = 0,61 \text{ м/сек}$$

Размер сит в мм	Вес в г	%	Содержание органи- ческих веществ в %
До 10	13,60	10,26	72,20
5—10	27,50	20,80	88,63
3—5	22,00	16,60	83,06
2—3	18,00	9,85	71,17
1—2	10,50	7,94	62,50
1/2—1	2,50	1,87	22,24
1/4—1/2	11,70	8,85	24,14
Меньше 1/4	31,50	23,83	4,48
Итого	132,30	100,00	55,20 (в среднем)

Таблица 29

Опыт 13/X 1937 г.

Горизонтальная песколовка

$$Q = 0,0256 \text{ м}^3/\text{сек}, \quad v = 0,098 \text{ м/сек}$$

Размер сит в мм	Вес в г	%	Содержание органи- ческих веществ в %
До 10	31,00	33,16	64,65
5—10	10,00	10,70	77,25
3—5	12,00	12,80	80,31
2—3	11,00	11,77	76,22
1—2	10,00	10,70	72,29
1/2—1	7,00	7,49	60,80
1/4—1/2	5,50	5,89	46,22
Меньше 1/4	7,00	7,49	11,28
Итого	93,50	100,00	64,77 (в среднем)

Щелевая песколовка

$$Q = 0,070 \text{ м}^3/\text{сек}, \quad v = 0,56 \text{ м/сек}$$

Размер сит в мм	Вес в г	%	Содержание органи- ческих веществ в %
До 10	13,00	14,20	91,18
5—10	36,00	39,34	93,83
3—5	19,00	20,76	89,70
2—3	8,00	8,74	86,27
1—2	5,50	6,03	81,09
1/2—1	1,00	1,07	72,52
1/4—1/2	3,50	3,83	55,39
Меньше 1/4	5,50	6,03	14,80
Итого	91,50	100,00	84,68 (в среднем)

Из табл. 27, 28, 29 и 30 видно, что тяжелые вещества, задерживаемые горизонтальной и щелевой песколовками, по своему составу близки между собой. Из тех же таблиц видно, что с уменьшением размера фракций частиц количество содержания органических веществ уменьшается. Так, во фракциях меньше 1/2 мм преобладает исключительно песок. Необходимо указать, что состав тяжелых веществ крупнее 1 мм в значительной степени зависит от сезона. Так, в сезон поступления на рынки города вишен и арбузов песколовками задерживалось значительное количество их семечек.

При всех проведенных наблюдениях трупье в щелевую песколовку не попадало, а проносилось потоком.

Для оценки работы горизонтальной песколовки брались пробы сточной жидкости в целях определения количества взвешенных веществ, по количеству которых можно было выявить рабочие и нерабочие зоны песколовки, а также влияние скорости течения жидкости в песколовке на характер осаждения мелкой органической взвеси.

Параллельно производились наблюдения за разгрузкой песколовки от осадков через трубу.

Скорости v в горизонтальных песколовках определяются из уравнения:

$$Q = v \cdot \omega;$$

$$v = \frac{Q}{\omega},$$

где: Q — расход в л/сек, а ω — площадь живого сечения, равная bH , где b — ширина песколовки, а H равняется высоте слоя воды в подводном лотке плюс половина глубины пониженной части песколовки:

$$H = h + \frac{m}{2} \quad (\text{рис. 27}).$$



Рис. 27. Схема расчета горизонтальной песколовки.

Так и было принято при расчете скоростей в опытной песколовке.

Рабочие и нерабочие зоны при прямоугольной форме песколовки во всех четырех углах (в плане) образуют мертвые объемы с очень незначительным движением в них жидкости. Здесь, кроме тяжелых веществ, происходит также осаждение и мелкой органической

завеси. Так, во входящей сточной жидкости содержание взвешенных веществ было $7,6 \text{ см}^3$ в 1 л , а в указанных зонах в верхнем слое жидкости оно доходило до $4,0 \text{ см}^3$ в 1 л . Подобное осаждение мелкой взвеси осадков также наблюдается в пониженной части и особенно было заметно в первой половине длины песколовки.

Чтобы судить о влиянии скорости протока жидкости на осаждение мелкой взвеси, пробы брались с глубины 10 см в четырех точках по средней продольной оси песколовки: первая проба бралась в лотке перед песколовкой, вторая — в середине, третья — в конце и четвертая — за песколовкой.

Данные приведены в табл. 31.

Таблица 31

Точка взятия	Содержание взвешенных веществ в см^3 в 1 л			
	$v = 8 \text{ см/сек}$	$v = 14 \text{ см/сек}$	$v = 18 \text{ см/сек}$	$v = 24 \text{ см/сек}$
1	9,0	5,50	5,8	7,6
2	5,70	5,20	5,5	7,7
3	4,50	5,00	5,0	7,4
4	4,90	5,00	5,0	7,8

Из табл. 31 видно, что скорости протока имеют большое значение в смысле осаждения мелкой взвеси. Так, при скорости $v = 8 \text{ см/сек}$ значительное количество мелкой взвеси осаждается в песколовке. С увеличением скорости осаждение уменьшается, и начинается вынос мелких фракций осадков, главным образом органического происхождения.

Что касается условий разгрузки песколовки от осадков путем выпуска их через трубу, оказалось, что диаметр трубы 100 мм мал. Осадок через трубу при опытах плохо вытекал, и его приходилось проталкивать с помощью деревянной штанги. Кроме того, уклон дна песколовки по направлению к выпускной трубе оказался недостаточным, осадки плохо сползали к трубе, и их приходилось сгребать лопатой и проталкивать вниз. Чтобы осадки легче сползали к выпускной трубе, необходимо предусмотреть уклон дна не менее 45° .

4. Обезвоживание осадков при помощи бункера

Обезвоживание осадка, выпускаемого из песколовки, в проекте Курьяновской станции первоначально намечено было при помощи бункера особого устройства с сетчатой стенкой. При рассмотрении проекта было предложено заменить сетку бункера стеной в виде жалюзи. На стенде были поставлены наблюдения над моделью бункера.

По своей конструкции бункер представлял ящик формы усеченной пирамиды. Две стенки ящика были сделаны сплошными, две другие были сделаны из планок, расположенных наклонно в виде жалюзи (рис. 28).

Провор между планками был сделан сначала в 1 см . В процессе наблюдений было замечено, что провор в 1 см велик (осадки вместе с водой проходили через прозоры), после чего к существующим планкам были набиты дополнительные планки, и прозоры были доведены до 4 мм .

Испытание работы бункера производилось над осадками только из горизонтальной песколовки.

Опыты показывали, что через 30 мин. из бункера вытекала основная масса воды, осадок получал влажность около 75% и свободно держался на лопате.

Принцип обезвоживания осадка в бункере состоит в том, что более крупные частицы осадка, прижимаясь к стенкам бункера, образуют фильтрующую поверхность, через поры которой просачивается вода. Осадок должен находиться в бункере определенное время.

В первое время после наполнения бункера через отверстия его вместе с водой уходят и мелкие частицы осадков, затем отверстия закрываются более крупными

частицами, и против отверстий создается фильтрующая среда, которая начинает задерживать и более мелкие частицы осадка. Первые порции воды, вытекающей из бункера, были поэтому насыщены осадком, вследствие чего желательно направлять их в другой соответствующей конструкции бункер.

Ряд бункеров может дать фильтрат с незначительным содержанием твердых примесей, который затем может быть направлен на соответствующие очистные сооружения, песок же — к месту его утилизации.

5. Выводы по изучению песколовков

1. Ни один вид песколовков не выделяет из сточных вод только одни минеральные примеси — всегда вместе с песком и минеральными веществами песколовки задерживают и органические.

2. Послойное распределение тяжелых веществ сточной жидкости происходит еще в канале вследствие разницы удельных весов тяжелых примесей и влияния потока жидкости.

3. Явления расслоения и разница в скоростях продольного перемещения различных слоев создают благоприятные условия для выделения тяжелых веществ из сточной жидкости щелевыми песколовками, так как в щели могут выпадать частицы, движущиеся лишь в нижнем слое. Вывешенные вещества, находящиеся в верхних слоях жидкости, проходят над щелью, не попадая в них.

4. С увеличением скоростей течения движение тяжелых веществ по дну лотка нарушается, вследствие чего эффективность работы щелевых песколовков уменьшается.

5. При скоростях течения 0,30—0,45 м/сек эффективность задерживания увеличивается, но в то же время возрастает и задержание более легких органических примесей.

6. Наличие порогов за щелью увеличивает задержание тяжелых веществ, почему устройство порогов следует считать желательным.

7. По своему устройству щелевая песколовка проста и эффективна в задерживании в особенности грубых тяжелых веществ, движущихся по дну каналов.

8. Щелевая песколовка не нарушает работы каналов и может работать при эксплуатационных скоростях течения.

9. Основное требование к расположению щелевых песколовков — это спокойное течение жидкости над песколовками и не меньше чем на длине 10—15 м перед песколовками (отсутствие поворотов, изменение уклонов, щитов и др.).

10. Характерно для работы щелевой песколовки, что тропы в щель не попадают, а проносятся потоком.

11. По сравнению с горизонтальной щелевая песколовка задерживает меньше тяжелых веществ по объему, но зато она проста по своей конструкции, занимает мало места и вполне может быть применима на каналах сети.

12. При выпуске осадков при помощи трубы уклон дна в горизонтальных песколовках к выпускной трубе должен быть не менее 45° (иначе осадки не сползают).

13. Диаметр трубы для выпуска осадков из песколовков в 100 мм мал, и повороты на ней под углом 90° недопустимы.

Разрез по А-В

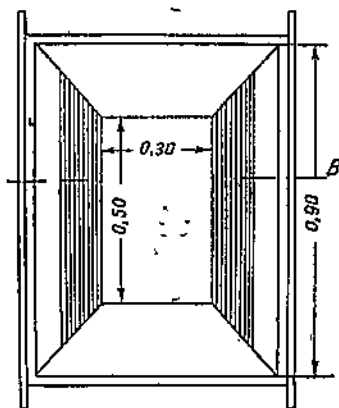
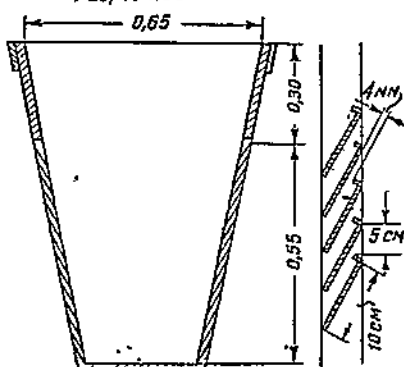


Рис. 28. Бункер.

14. Для устранения мертвых зон в горизонтальных песколоуках желательно избегать в их конструкциях резких расширений и сужений, а делать их с постепенным переходом от подводящего канала к песколоуке и от песколоуки к отводящему лотку.

15. Обезвоживание осадков, выпускаемых из песколоуков при помощи бункеров, возможно. Следует таким образом предусматривать конструкции бункеров, чтобы против выпускных щелей могла образоваться фильтрующая поворхность из более крупных частиц осадков.

16. При правильной конструкции бункеров представляется возможным получить фильтрат с незначительным содержанием примесей, а сами осадки с влажностью, допустимой для удобного транспортирования их к месту утилизации.

Часть II

Глава 5. ДВИЖЕНИЕ ТРЯПЬИ В КАНАЛАХ

1. Общие задачи исследования

Характер движения тряпья в канализационных каналах пока не изучен, однако необходимость выделения тряпья настоятельно диктуется практикой эксплуатации очистных сооружений.

Поэтому задачей исследования ставилось:

1. Дать характеристику распределения главной массы тряпья в поперечном сечении движущегося потока сточной жидкости в зависимости от удельного веса тряпья и скоростей течения в канале.

2. Выяснить влияние ширины прозора в решетках на количественный и качественный состав тряпья, задерживающегося на решетках.

3. Дать характеристику тряпья, попадающего в канализационные сети.

2. Методика наблюдения за движением тряпья в каналах

Наблюдения за движением тряпья проводились в каналах московской канализационной сети и Люберецких полей фильтрации. Для задерживания тряпья применялся весьма простой прибор, состоящий из деревянной штанги со вставленными в нее железными шпильками, расположенными одна от другой на 15 см (рис. 29), который устанавливался в разных точках поперечного сечения канала перпендикулярно течению жидкости.

Поставленный прибор держался неподвижно в течение 5 мин. Нависание тряпья и других взвешенных веществ на соответствующие шпильки давало возможность характеризовать до известной степени распределение указанных веществ по живому сечению потока. Для выяснения свойств тряпья зацепляться за другие волокнистые вещества были проведены ряд наблюдений при медленном движении прибора то вверх, то вниз в течение 5 мин. по одной и той же оси его нахождения.

Указанные наблюдения проводились в каналах круглого, овального и прямоугольного сечения. При всех наблюдениях измерялись скорости течения вертушкой в разных точках живого сечения канала.

3. Результаты наблюдений

1. Круглый кирпичный канал $d = 1,422$ м. 21 июля 1934 г. Глубина наполнения $H = 1,32$ м; слой наносов 0,30 м. Данные скоростей и расположение вертушки (рис. 30): $v_{cp} = 0,42$ м/сек, $Q = 0,438$ м³/сек.

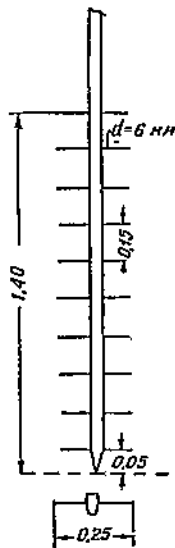


Рис. 29. Штанга со шпильками.

18 час. 30 мин. На вертикали I—I при неподвижном приборе в течение 5 мин.

№ шпилек	Характеристика навесных веществ
1 (нижняя)	Тряпки, мочало и бумага
2	Бумага и мелкая тряпка
3	Бумага и мелкая волокнистая тряпка, волос, нитки и другие тонкие волокнистые вещества
5, 6, 7 и 8	На шпильки намотано тонкое волокно и волос, уменьшаясь в количестве по высоте

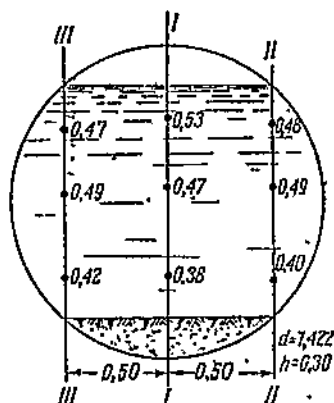


Рис. 30. Канал $d = 1,422$ м.

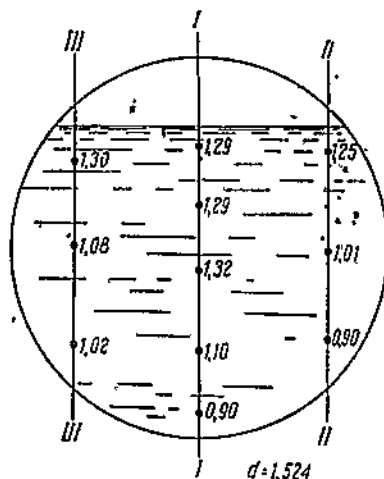


Рис. 31. Канал $d = 1,524$ м.

18 час. 45 мин. На вертикали I—I при подвижном приборе в течение 5 мин.

№ шпилек	Характеристика навесных веществ
1	Крупная бумага
2	Бумага и длинные волокнистые вещества
3 и 4	На шпильках намотано тонкое волокно Остальные шпильки чисты

19 час. 00 мин. На вертикали II—II при неподвижном приборе в течение 5 мин.

№ шпилек	Характеристика навесных веществ
1	Тряпки (концы)
2	Намотаны на шпильки волокнистые вещества (полос, нитки, пряжа и др.)
3, 4 и 5	Намотаны тонкие волокнистые вещества
6	То же, что на 5, но меньше по количеству

2. Круглый кирпичный канал $d = 1,52$ м. 23 июля 1934 г. Глубина наполнения канала $H = 1,35$ м, наносов в канале нет. Данные скоростей и расположение вертикалей (рис. 34): $v_{cp} = 1,12$ м/сек, $Q = 1,91$ м³/сек.

21 час. 30 мин. На вертикали I—I при неподвижном приборе в течение 5 мин.

№ шпилек	Характеристика нависших веществ
1	Мочало, много крупной тряпки, толстая бумага (мало), кости рыбы и волос
2	Мочало, тряпка (мало), бумага (больше и крупнее, чем на шпильке 1)
3	Мочало, бумага, мелкая тряпка (мало) и волос
4	Мочало, бумага и мелкая тряпка (меньше чем на 3)
5, 6, 7 и 8	Мелкая бумага и длинные тонкие волокнистые вещества
9	Длинное мочало, волос, тонкое волокно и вельень (огурцы, морковь, очистки лука и пр.)
10	Ничего

21 час. 55 мин. На вертикали III—III при неподвижном приборе в течение 5 мин.

№ шпилек	Характеристика нависших веществ
1	Мочало, мелкая тряпка и бумага
2	Кости, мелкая тряпка, бумага, волос, веревка и кости рыбы
3	Мочало, бумага, волос и вельень
4	Мочало, бумага и вельень
5, 6, 7, 8	Мелкая бумага и очистки вельени
9	Шерсть, пряжа и очистки вельени
10	Ничего

Сравнивая характеристику тряпья при подвижном приборе на вертикалях I—I и III—III, видим, что характер нависших веществ такой же, как и на неподвижно стоящем приборе, кроме одного случая сцепления нескольких разнородных волокнистых веществ между собой на вертикали I—I, которые по своему виду напоминали как бы размоленный канат длиной около 0,7 м.

3. Кирпичный канал прямоугольного сечения (Люберецкий поля фильтрации) шириной $B = 2,10$ м, $H = 1,7$ м. 10 ноября 1934 г. Глубина наполнения канала $H = 1,57$ м. Слой донных наносов 0,41 м. Средняя скорость в канале $v_{cp} = 0,30$ м/сек. 12 час. дня.

1) На расстоянии 0,25 м от правой стенки канала при неподвижном приборе в течение 5 мин. Между 1-й и 2-й шпильками тряпка, на 2-й — мелкая бумага (мало), от 3-й до 11-й — налет волокнистых веществ (следы).

2) На расстоянии 0,60 м от правой стенки канала неподвижно 5 мин. На 1-й шпильке тряпка, на 2-й шпильке тряпка с бумагой, на 3-й бумага, на остальных небольшой налет намотанных волокнистых веществ (шерсть, волос).

3) На расстоянии 1,05 м от стенки канала (середина канала) при неподвижном приборе в течение 5 мин. Между шпильками 1-й и 2-й тряпка, смешанная с бумагой, на остальных шпильках, так же как и на других вертикалях, небольшой слой намотанных волокнистых веществ.

Приведенные данные по распределению тряпья в живом сечении каналов представляют только часть проведенных наблюдений. Анализируя данные всех наблюдений, следует отметить, что при больших скоростях течения (1,25 и 1,30 м/сек) главная масса тряпья, мочала, бумаги и других волокнистых веществ проносится в нижней части живого сечения потока на высоте до 0,35—0,40 м над лотком. Ближе к поверхности потока и к стенкам канала количество проносимых волокнистых веществ уменьшается.

То же можно сказать и про тонкие волокнистые вещества, которые дают на шпильках тонкий слой (налет), хотя наличие их наблюдается по всей высоте потока, но все же количество их постепенно уменьшается по направлению от дна к поверхности.

Особенно сложным является движение бумаги. Как видно из результатов наблюдений, бумага чаще встречается в нижней части потока, однако она иногда попадает листами и в верхней части потока, выплывая время от времени на поверхность и снова погружаясь в поток. Здесь, помимо того, большую роль играют донные вихри и пульсации потока, обладающие подъемной силой в зависимости от формы и положения движущейся бумаги и других подобных ей веществ.

Необходимо отметить, что приведенный характер движения тряпья в канализационных каналах не может в полной мере быть обобщаем. Расположение указанных компонентов сточной жидкости для одного и того же пункта канала может значительно меняться даже при постоянных скоростях течения в зависимости от изменения при движении как формы, так и удельного веса тряпья.



Рис. 32. Образование кома из тряпья.

Большой частью в каналах наблюдается намелывание (истирание) волокнистых веществ, особенно бумаги, на насосных же станциях сильно намелываются тряпье и другие волокнистые вещества. Однако наблюдается и обратное явление — укрупнение отдельных кусков, особенно тряпья и мочала. Достаточно задержаться тряпке, деревне и т. п., как (при известных условиях) происходит сцепление с ними и перематывание вновь приносимых волокнистых веществ, влекущихся по дну. В результате образуются комья тряпья. Образовавшиеся комья тряпья срываются течением и, перекатываясь по дну, увеличиваются подобно снежному кому. У движущегося кома образуются вихревые движения, еще более благоприятствующие дальнейшему налипанию тряпья на поверхность кома. Схематически процесс образования комьев из тряпья в канале изображен на рис. 32.

Образование комьев из тряпья является часто причиной закупорки канализационных труб, а иногда каналов, так как комья при длинных каналах могут достигать иногда значительных размеров. Например, по главному нижнему каналу московской канализации на насосную станцию нередко приносились комья тряпья весом до 100—150 кг и более.

4. Работа решеток, состав и количество тряпья (отбросов), улавливаемого решетками

Наблюдения за работой решеток проводились на главной насосной станции, на Любередских и Люблинских полях фильтрации московской канализации. Данные наблюдений по насосной станции в 1933 г. дают следующую количественную и качественную характеристику задержания тряпья, попадающего в канализационных каналах. На решетках с прозорами 30 мм в сутки задерживается тряпья 5,6—6,0 т (мокрого) при расходе жидкости $Q = 200\,000$ м³ в сутки. После просушки до воздушно-сухого состояния вес тряпья уменьшается до 1,2 т. Следовательно, содержание влаги в отбросах, снятых с решеток, составляет в среднем 75%.

Механический анализ (в %) сухих отбросов с решеток дает следующее распределение (данные насосной станции):

тряпки	7,0
сукно	0,3
вата	0,2
концы	11,0
макулатура	51,0
тряпье-брак	10,0
резина	0,4
ветошь	9,0

Всего 96,9

Уменьшение общей массы на 3,1% произошло за счет потери при сортировке тряпья, налипшего на них песка и других мелких примесей.

По времени наибольшее количество тряпья поступает на насосную станцию с 12—18 час., в остальные же часы суток количество тряпья уменьшается.

20 сентября 1933 г. за время с 14 до 16 час. с решеток было снято 400 кг отбросов. Из данного количества 200 кг было промыто, причем оказалось, что в нем 82 кг длинных волокнистых веществ и 68 кг бумаги.

После просушки вес утиля (в кг) оказался:

длинного волокна	32,5
обтирочной тряпки	1,5
малкой тряпки	0,1
бумаги	4,5

т. е. выход сухого вещества, снятого с решетки, около 20%.

По данным главной насосной станции, выход сухого утиля на сырого, снятого с решеток, получается:

для длинных волокнистых веществ — 20—24%,
для бумаги — 40—42%.

Снимаемые на насосной станции граблями с решеток отбросы проходят через дробилку, после чего поступают в приемный резервуар станции и вместе со сточной жидкостью перекачиваются центробежными насосами на очистные сооружения.

Из всего количества (200 000 м³) сточной жидкости, поступающей на станцию, около 175 000 м³ в сутки в 1934 г. перекачивалось на Люберецкие поля фильтрации, а остальная часть — на Люблинские поля и на Конжуховскую станцию аэрации.

Наблюдения проводились в круглые сутки в октябре и ноябре 1934 г.

Наблюдения за работой решеток по задержанию тряпья на Люберецких полях фильтрации проводились в трех точках, расположенных последовательно одна за другой по ходу сточной жидкости (рис. 33). Все три решетки поставлены наклонно, как показано на рисунке. Условия работы решеток приведены в табл. 32 (см. стр. 48).

Все задержанные этими решетками отбросы снимались с них вручную граблями и складывались в специально устроенные мерные ящики.

Количество отбросов, задержанное решетками, в среднем за сутки оказалось следующее:

решетка № 1 — 3000 кг	60%
» № 2 — 1050 »	20%
» № 3 — 910 »	20%

Всего 4960 кг 100%

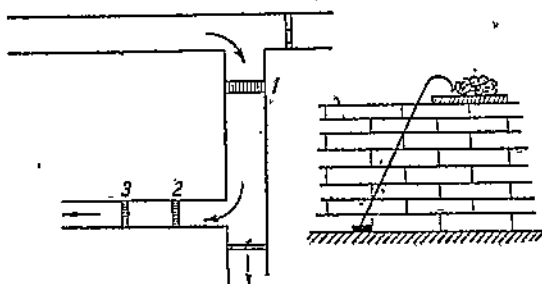


Рис. 33. Схема расположения решеток.

Таблица 32

№ решеток	Ширина канала в м	Среднее наполнение канала в м	Средние расходы сточной жидкости м³ в сутки	Прозоры у решеток в мм	Форма и размер прутьев решетки в мм
1	1,83	1,35	90 000	60	Квадраты 16 × 16
2	1,30	0,72	90 000	60	$d = 17$
3	1,30	0,72	90 000	30	Прямоуг. $b = 8$ $h = 25$

Всего с трех решеток в среднем за сутки снималось тряпья 4960 кг.

Анализируя работу решеток, видим, что из 4960 кг через первую решетку проходит без задержки 40%, через первую и вторую — 20% тряпья.

Количество поступающих отходов (в килограммах) по часам суток зависело только от колебания притока сточных вод, другой же зависимости как на главной насосной станции, так и на полях фильтрации установить не удалось.

Пройдя через насосы, а также большой путь (6552 м напорной и 12 812 м самотечной части канала), все волокнистые отходы сильно изменялись (в особенности бумага) и перепутались между собой. Тщательная и длительная сортировка дала следующий состав отходов: текстиль, тряпка, мочало, веревки и другие волокнистые вещества, бумага (как таковая), кухонные отходы (напуста, корнеплоды, кости, рыба, овощи и др.), дерево (спички, карандаши, листья и др.)

Сортировка взятых образцов с каждой решетки (по 1 кг в сыром виде) характеризуется данными табл. 33, 34 и 35.

Таблица 33

Решетка № 1

Прозоры 60 мм

%	Составные части	Вес сырой массы в г	Вес массы после про- сушки при 105° C	Потери влаги в г	% содер- жания влаги
77	Текстиль	768	133	635	82,7
10	Кухонные отходы	99	24	75	75,7
9	Бумага	94	18	76	80,8
3	Дерево	28	9	19	67,8

Решетка № 2

Прозоры 60 мм

Таблица 34

%	Составные части	Вес сырой массы в г	Вес массы после про- сушки при 105° C	Потери влаги в г	% содер- жания влаги
73	Текстиль	735	133	602	81,9
11	Кухонные отходы	100	23	87	79,0
11	Бумага	114	25	89	78,0
3	Дерево	33	7	26	78,7

№	Составные части	Вес сырой массы в г	Вес массы после про- сушки при 105° С	Потеря влаги в г	% содер- жания влаги
35	Текстиль	352	73	279	79,2
32	Кухонные отбросы	319	43	276	86,5
28	Бумага	279	56	223	80,0
5	Дерево	46	13	33	71,7

Приведенные данные показывают, что последовательная установка решеток является желательной, так как дает возможность позже задерживать находящиеся в сточной жидкости крупные вещества. Выбирая соответствующие размеры прозоров в решетках, можем производить сортировку тряпья как по размерам, так и по составу, что, несомненно, облегчит их дальнейшую обработку и утилизацию.

В 1937 г. инж. П. Л. Казеевым и М. И. Шининым на Люблинском комбинате очистки сточных вод были поставлены опыты и наблюдения по работе решеток на Ново-Люблинском канале.

Решетки испытывались с прозорами в 20, 15 и 10 мм. Испытания производились при установке решеток каждой в отдельности, а также при установке в последующем параллельно одна за другой. Помимо наблюдений за работой решеток производились: прессование отбросов на ручном прессе (винтовом), естественное обезвоживание отбросов с определением их влажности, определение состава отбросов и замеры потерь напора в решетках.

На основании проведенных опытов и наблюдений авторами сделаны следующие выводы.

1. Количество отбросов, снимаемых вручную с решеток с прозорами в 20 мм на 1000 м² сточной жидкости, в среднем (для ноября), колеблется от 20 до 25 л.

2. Содержание отбросов в сточной жидкости распределяется равномерно по часам суток и колеблется от 10—15 до 40—45 л на 1000 м² сточной жидкости.

Увеличение количества отбросов начинается с 11—12 час. дня, к 15—16 час. достигает максимума, держится на максимальном уровне до 20—21 час. и к 24 час. уменьшается. В промежутке от 1 часа ночи до 10—11 час. утра — минимальное поступление отбросов.

3. Решетки с прозорами 15 мм задерживают отбросов на 10—12% больше, чем с прозорами 20 мм (27,2 л против 23,8 л на 1000 м²).

4. Решетки с прозорами в 10 мм на больших расходах ставить вряд ли целесообразно вследствие образования в канале больших подпоров.

5. Количество отбросов, задерживаемых двумя решетками с прозорами в 20 и 15 мм, поставленными последовательно, составляет около 130% от количества отбросов, задержанных одной 20-мм решеткой.

Процент задержания отбросов каждой из двух решеток:

первой, 20-мм — 100%.

второй, 15-мм — 72—74%.

6. Количество отбросов, задерживаемых тремя решетками с прозорами в 20, 15 и 10 мм, поставленными последовательно, составляет около 200% от количества отбросов, задержанных одной решеткой с прозорами в 20 мм.

Процент задержания отбросов каждой решеткой:

первой, 20-мм — 100%.

второй, 15-мм — 83%.

третьей, 10-мм — 67%.

7. Влажность непрессованных отбросов колеблется от 84 до 89%, а прессованных (ручное прессование) — от 63 до 74%.

8. Средний вес 1 л отбросов колеблется для непрессованных отбросов от 0,73 до 0,86 кг (в среднем 0,76 кг) и для прессованных — от 0,74 до 0,82 кг.

9. Ручное прессование на винтовом прессе при нагрузке 5 кг/см² уменьшает количество отходов как по объему, так и по весу, в 2,3—2,5 раза.

10. Количество воды, вытекающей из 20 л непрессованных отходов через дырчатое дно мерного лотка при естественном обезвоживании за 1 час, — 3,1—3,3 л, или 15—16% по объему.

Влажность обезвоженных таким образом отходов повышается с 86, примерно, до 82,5%.

11. Средний состав отходов по весу отсортированных по основным группам (10 проб) таков:

дерево (спичечные коробки, щепки)	1,4%
мелкое тряпье и бумага, концы	97,1%
резина	0,4%
овощи	1,1%
Всего	100%

12. Наблюдавшиеся потери напора на решетках оказались выше теоретически подсчитанных по формуле Киршнера, примерно, в 2—3 раза, что нужно отнести за счет неполной прочистки решеток.

Одновременно с постановкой опытов и наблюдений по решеткам на Люблинском комбинате очистки сточных вод были проведены наблюдения по решеткам, работающим в эксплуатационных условиях на прочих предприятиях треста Мосочиствод, а именно: на Закрестовской, Флифской, Конкуховской станциях аэрации и на Люберецких полях фильтрации.

Наблюдения эти носили характер одновременного обследования, однако полученный материал может иметь некоторый интерес.

Краткая характеристика очистных сооружений, на которых проводились наблюдения над решетками:

1) Флифская и Закрестовская станции аэрации являются городскими районными станциями, работающими на самотеке.

На Флифской станции значительную долю поступающих сточных вод составляют воды промышленных предприятий и заводов, всего с хозяйственно-фекальными водами около 10 000—14 000 м³ в сутки.

На Закрестовской станции аэрации сточная жидкость преимущественно состоит из бытовых вод, в числе которых имеются воды бытовые и банно-прачечные. Общее количество сточных вод — около 6000 м³ в сутки. Решетки на обеих станциях установлены с прозорами в 10 мм.

2) Конкуховская станция аэрации (1-я секция) получает сточную жидкость из Симонковского самотечного коллектора около 14 000 м³ в сутки и с главной насосной станции около 22 000 м³ в сутки. Решетки поставлены с прозорами в 20 мм.

3) Люберецкие поля фильтрации принимают сточную жидкость исключительно с главной насосной станции. Все количество сточной жидкости в среднем в сутки определяется в 150 000 м³.

Количество сточных вод, проходящих через решетки, составляло в среднем в период наблюдений 31 000 м³ в сутки.

Решетки установлены перед отстойниками с прозорами в 100 и 30 мм в последовательном порядке, поэтому количество снимаемых с них отходов является суммарным для этих двух решеток.

4) Люблинский комбинат очистки сточных вод принимает сточную жидкость по старому самотечному нагородному каналу в количестве 80 000 м³ в сутки и по новому Люблинскому каналу 160 000—170 000 м³ в сутки. Решетки принимали сточные воды нового канала, поступающие с главной насосной станции, следовательно, эти сточные воды предварительно прошли уже через решетки насосной станции с прозорами в 30 мм. В Люблино решетки были поставлены с прозорами в 20, 15 и 10 мм.

В настоящем обзоре приводятся данные только по решеткам с прозорами в 20 мм.

Табл. 36 показывает среднее количество отходов, задерживаемых решетками с различными прозорами на очистных сооружениях московской канализации.

Наименование очистных сооружений	Прозоры решеток в мм	Количество отбросов на 1000 м ³ проте- кающей жид- кости в л
Закрестовская станция аэрации	40	460,0
Филийская станция аэрации	40	47,0
Кожуховская станция аэрации	20	32,7
Люберецкие поля фильтрации	100 + 30	24,9
Люблинский комбинат	20	23,8

Количество отбросов, задерживающихся на решетках с одинаковыми прозорами, для очистных предприятий, получающих жидкость самотеком, колеблется в 3—4 раза, в зависимости от характера присоединенных к канализации предприятий (больницы, ватные фабрики и т. п.).

Глава 6. ИСПЫТАНИЕ РЕШЕТКИ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ

1. Описание решетки

В решетках обычного типа, применяемых при очистке сточных вод, жидкость, проходя между прозорами, не меняет своего направления. Поэтому трпые и другие длинные волокнистые вещества, попадая в струю, направленную между решеток, проходят, не задерживаясь. Кроме того, часть трпыя продавливается при чистке решеток.

Уменьшение прозоров между прутьями решеток стесняет сечение каналов, вследствие чего создается подпор жидкости перед решеткой.

Основной идеей предлагаемой конструкции является изменение направления струй жидкости, с использованием его для задержки волокнистых веществ без уменьшения прозоров решеток. При изменении направления струй изменяется также и траектория движения в потоке отбросов (трпыка, мочало и пр.).

Движущиеся в потоке длинные волокнистые вещества при переменном направлении движения успешно задерживаются решетками.

На указанном принципе была построена опытная решетка. Для изменения направления струй, по нашему мнению, является достаточным делать решетку из тонких, но широких пластин, и располагать последние не нормально к направлению течения, а под некоторым углом. Такая решетка представляет собой железную раму шириной 0,74 м, высотой 0,65 м (размеры берутся по размерам канала). В раму вставлена 14 железных полос прямоугольного сечения шири-

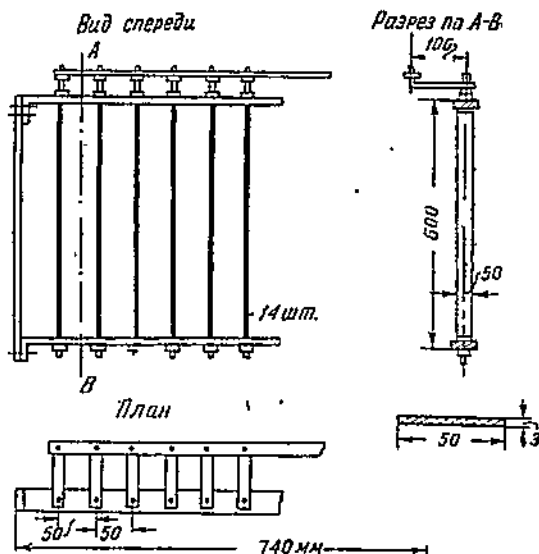


Рис. 34. Решетка новой конструкции.



Рис. 35. Фото. Решетка новой конструкции.

онных условиях и пропускающей до 6000 м³ в сутки стоков загрязненности.

2. Методика наблюдений над работой опытных решеток.

Первоначально наблюдения проводились над решеткой с подвижными пластинами. Выше решетки в поток вносились в определенных количествах тряпья, взятое с эксплуатационных решеток. По прошествии 20 мин. опытная решетка вынималась, задержанное тряпья снималось, и количество его замерялось.

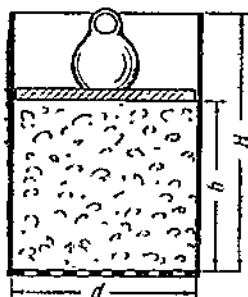


Рис. 36. Бак для замера тряпья.

Замер снятого тряпья проводился следующим образом: брались металлический цилиндр площадью дна 0,017 м² и высотой 0,35 м. В дне цилиндра имелись мелкие отверстия. Снятое



Рис. 37. Схема расположения решеток.

тряпья загружалось в цилиндр и перекрывалось деревянной пластиной. На пластинку ставился груз весом 5 кг и в таком положении цилиндр находился 3 мин. (рис. 36). Вода с тряпья выжималась грузом и вытекала через отверстия из цилиндра. Замерли через 5 мин. толщину слоя тряпья, определили его количество. При сравнении количества тряпья, внесенного в поток и задержанного решеткой, выяснилось, что, кроме добавленного тряпья, поток стоковой жидкости несет еще некоторое непроделенное количество своего тряпья. Поэтому для определения эффективности работы решетки в данном случае надлежало решить вопрос, сколько же несет потоком своего тряпья. Для этого были сделаны еще четыре решетки обычного типа, из которых три с прозорами шириной 50 мм и одна с прозорами 10 мм. Прутья этих решеток были

сделаны из круглой железной проволоки диаметром 8 мм. Решетки были поставлены последовательно одна за другой в том же канале (рис. 37).

В процессе наблюдений расположения решеток менялось. В решетке с подвижными пластинами, независимо от ее расположения среди прочих решеток, неизменно направление пластин.

В некоторых опытах эта решетка ставилась под углом в 45° к оси канала. Общее количество тряпья, задерживаемое всеми решетками, принималось за 100%-эффективность же работы каждой поставленной решетки определялась отдельно в проценте от общего количества.

Выяснилось, что три первые решетки задерживают 80% тряпья, на долю же четвертой остается от 5 до 10%; пятая решетка с пропорами 10 мм задерживала исключительно мелкие отбросы, мелкую бумагу и пр., т. е. только такой материал, который не мог быть задержан решетками, имеющими прозор 50 мм. Эта последняя решетка быстро забивалась, создавала подпор, вследствие чего ее пришлось выбросить.

При всех наблюдениях, независимо от расхода сточной жидкости, перед решетками замерялся создавшийся подпор жидкости. Замер подпора производился в начале опыта, через 10 и 20 мин. после пуска жидкости (рис. 38).

На графике рис. 39 показано количество тряпья, задерживаемое отдельными решетками, причем можно отметить, что эффективность работы решетки новой конструкции выше, чем решеток с круглыми прутьями.

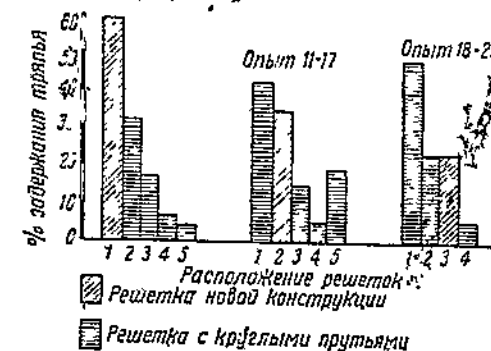


Рис. 39. Диаграмма задержки тряпья решетками.

вод проходит по главному каналу, не попадая в разводящую канаву, на которой были установлены опытные решетки.

По нормам НККХ, количество отбросов (тряпья), снимаемое с решеток, при-

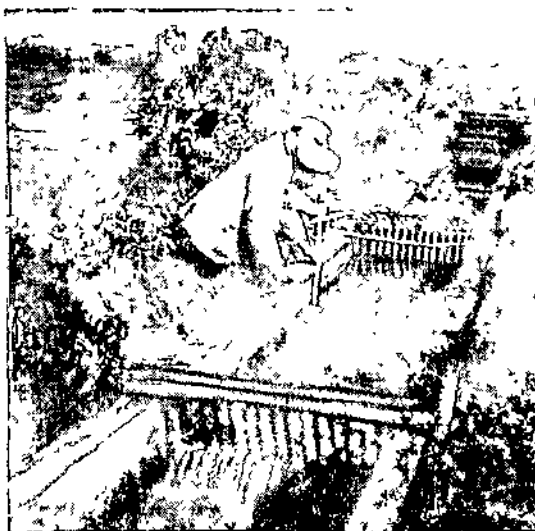


Рис. 38. Фото. Замер подпора перед решетками.

Общее количество отбросов, задерживаемое всеми решетками за 20 мин. наблюдений, составило в среднем 4000 см³ при среднем расходе сточной жидкости $Q = 0,150 \text{ м}^3/\text{сек}$. При переводе на сутки это дает 288 л отбросов и 12 960 л² сточной жидкости, проходящей через решетки. Переводя далее количество отбросов на единицу объема жидкости, получим 22,22 см³ отбросов с 1 м³ жидкости. Принимая норму водопотребления в 100 л, получаем количество задержанных отбросов 2,22 см³ на человека в сутки. Указанное количество твердых отбросов мало по отношению к нормальным, так как главная масса сточных

нимается на одного человека в год в обычных условиях 5 л при влажности отбросов 80 %.

Был проведен также ряд наблюдений над решеткой новой конструкции при наклонном состоянии ее в разводной канаве. Наклон давался как по ходу течения жидкости, так и против течения. Решетка устанавливалась также наклонно над щелью щелевой песколовки с целью направить тряпье в щель песколовки.

В некоторых опытах с новой решеткой при нормальном ее положении к направлению потока пластины решетки в одних случаях располагались по ходу потока, в других — под углом 40—45°. Сравнительные данные этих опытов приведены в табл. 37.

Таблица 37

Положение решетки новой конструкции и полос к направлению движения потока жидкости	Q в $\text{м}^3/\text{сек}$	Есего задержано отбросов см^3	Распределение задержания между решетками в %	
			1	2
Решетка поставлена нормально, полосы расположены нормально . . .	0,08	1072	62	38
Решетка поставлена нормально, полосы расположены под углом в 40° . .	0,08	2309	75	25
Решетка поставлена нормально, полосы расположены под углом в 45° .	0,08	2145	77	23

Подпор жидкости перед решеткой новой конструкции должен получаться под влиянием стеснения живого сечения полосами решетки за счет гидравлических ударов жидкости о полосы, а также вследствие изменения направления струй при проходе жидкости между полосами при расположении их под углом к направлению потока.

Опыты показывали, что подпор, создаваемый в канале решеткой новой конструкции, несколько больше, чем подпор у решеток с круглыми прутьями, однако уширением канала у решетки можно достигнуть уменьшения подпора у решеток новой конструкции.

Опыт показывал, что подпор перед решетками довольно быстро увеличивается по мере задерживания ими тряпья. При непрерывной механической чистке решеток это явление устраняется.

3. Выводы по наблюдениям над работой решеток

Резюмируя результаты опытов, получаем:

1. Две решетки, поставленные последовательно:

а) первая с плоскими, вторая с круглыми прутьями задерживают всего 80% отбросов;

б) первая с круглыми, вторая с плоскими прутьями задерживают всего 76% отбросов;

в) обе с круглыми прутьями задерживают всего 72% отбросов.

2. Одна решетка с плоскими прутьями задерживает 60% отбросов.

Одна решетка с круглыми прутьями задерживает 50% отбросов.

3. Повышенный процент задерживания решеткой новой конструкции получается вследствие обвивания длинных волокнистых веществ о полосы решетки, получающегося от изменения направления течения жидкости при проходе ее через прозоры расположенных под углом широких полос.

4. Подпор жидкости, создаваемый в канале решеткой новой конструкции, несколько больше, чем перед контрольными решетками.

5. По мере задерживания отбросов подпор быстро увеличивается, что указывает на целесообразность применения механических граблей.

6. Наиболее благоприятным с гидравлической точки зрения следует считать расположение решетки новой конструкции нормально к оси канала с полосами под углом $30-35^\circ$ к направлению потока.

7. Применение решетки новой конструкции возможно и на больших каналах, но для прочности последней желательно в таких установках уменьшать высоту решетки, увеличивая ее ширину и уширяя канал. Уширение канала уменьшит подпор, создаваемый решеткой.

Заканчивая обзор произведенных опытов над движением песка и тряпья в канализационных каналах, следует признать, что вследствие сложности вопроса еще не имеется в настоящее время достаточных данных для всестороннего освещения вопроса. Это объясняется, с одной стороны, трудностью выбора подходящих условий для постановки опытов, с другой стороны, сложностью и недостаточной научностью гидравлических условий движения наносов и тряпья в потоке сточной жидкости канализационных каналов.

Л и т е р а т у р а

1. Ануров К. А. проф. и Великанов М. А. проф., Краткое изложение теории движения речного потока и методы выправления рек, 1928 г.
2. Анолов В. и Лукашин М., Гидрометрия, 1932.
3. Анолов В. и Лукашин М., Практическая гидрометрия твердого расхода, 1929.
4. Васильев Б. А. проф., О равномерном движении жидкости в каналах и трубах, 1929 г.
5. Врудасов А. Д., Осушивание болот и регулирование водоприемников, 1929 г.
6. Великанов М. А. проф., Гидрология суши, 1932.
7. Великанов М. А. проф., Исследование механизма взвешивания наносов, «Вестник пригашки» № 10 1926 г.
8. Гончаров В. Н. проф., Движение наносов, ОНТИ, 1938.
9. Гунтер, Вывешивание твердых тел текучей водой (Вопросы речного быта).
10. Иванов В. Ф. проф., Очистка городских сточных вод, 1933.
11. Лесов Н. Н., Гидротехнические сооружения, ч. 1, вып. 1, 1933.
12. Ляцкино П. В. проф., Гравитационные методы обогащения, ОНТИ, 1935.
13. Милович А. Я. проф. и Грицук А. В. инж., Исследование движения жидкости в канализационной сети г. Москвы, 1927.
14. Павловский Н. Я. проф., «Гидравлический справочник», 1924.
15. Соколов С. А. проф., Курс общей гидрологии.
16. Соколов Д. Я., Отстойные бассейны, 1933.
17. Филкей Н. инж., Научные основы мокрого обогащения руд, ч. 1, 1932.
18. Чиннов, Запирание пригашкиных каналов.
19. Forchheimer — Hydraulik, 1914.
20. Эйгель Л. Н. инж., Теория движения речных потоков и ее приложение в технике, 1926.
21. Кавесов Н. Я. и Шинкин М. П., а) «Испытание работы решеток по улавливанию отбросов из сточной жидкости Ново-Лублинского канала», б) «Обзор работы решеток по улавливанию отбросов из сточной жидкости на очистных сооружениях московской канализации», НИО треста «Мосочиствод», 1937 (работа не опубликована).

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Введение</i>	3
---------------------------	---

ЧАСТЬ I

<i>Глава 1. Зависимость между скоростью течения сточной жидкости и наносами в канализационных каналах</i>	
---	--

1. Общие сведения о твердых составных частях сточных вод	4
2. Введение твердых частиц потоком	4
3. Влечение потоком твердых частиц по дну каналов	7

<i>Глава 2. Динамика твердых примесей сточных вод (опыты наблюдений)</i>	
--	--

1. Тяжелые вещества	9
2. Движение донных наносов	10
3. Расположение донных наносов в поперечном разрезе потока в канале	12
4. Расположение донных наносов в продольном разрезе потока в канале	13
5. Вред от донных наносов и борьба с ними	16
6. Требования к песколовкам	17

<i>Глава 3. Обзор конструкций существующих песколовок</i>	
---	--

1. Расчет песколовок и работа их	22
2. Недостатки существующих песколовок	24
3. Принцип улавливания песка щелью	24
4. Намечающаяся конструкция щелевой песколовки	25
5. Принцип действия щелевой песколовки	26

<i>Глава 4. Испытание щелевой песколовки</i>	
--	--

Первая серия опытов

1. Методика и производство наблюдений	28
2. Результаты наблюдений	28
3. Количество тяжелых веществ	35

Вторая серия опытов

1. Описание опытной установки	35
2. Методика и производство наблюдений	36
3. Результаты наблюдений	37
4. Обезвоживание осадков при помощи бункера	41
5. Выводы по изучению песколовки	42

ЧАСТЬ II

<i>Глава 5. Движение тряпья в каналах</i>	
---	--

1. Общие задачи исследования	43
2. Методика наблюдений за движением тряпья в каналах	43
3. Результаты наблюдений	43
4. Работа решеток, состав и количество тряпья (отбросов), улавливаемого решетками	46

<i>Глава 6. Испытание решетки новой конструкции</i>	
---	--

1. Описание решетки	51
2. Методика наблюдений над работой опытных решеток	52
3. Выводы по наблюдениям над работой решеток	54
Литература	55