

СТНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ ВСЕСОЮЗНОГО НАУЧНОГО ИНЖ.-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА
ЖЕНИЯ И САНИТАРНОЙ ТЕХНИКИ И ОДЕССКИЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИНСТИТУТ

ПРОФ. Б. О. БОТУК

ОЧИСТКА БЫТОВЫХ СТОКОВ

ЧАСТЬ I

МЕХАНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ОЧИСТКИ

ПОСОБИЕ ДЛЯ СТУДЕНТОВ, ИНЖЕНЕРОВ
И САНИТАРНЫХ ВРАЧЕЙ

ОДЕССА 1936

НБ
УДУНТ
(ДИИТ)

ОДЕССКОЕ ОБЛАСТНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ ВСЕСОЮЗНОГО НАУЧНОГО ИНЖ.-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И САНИТАРНОЙ ТЕХНИКИ И ОДЕССКИЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИНСТИТУТ

ПРОФ. Б. О. БОТУК

ОЧИСТКА БЫТОВЫХ СТОКОВ

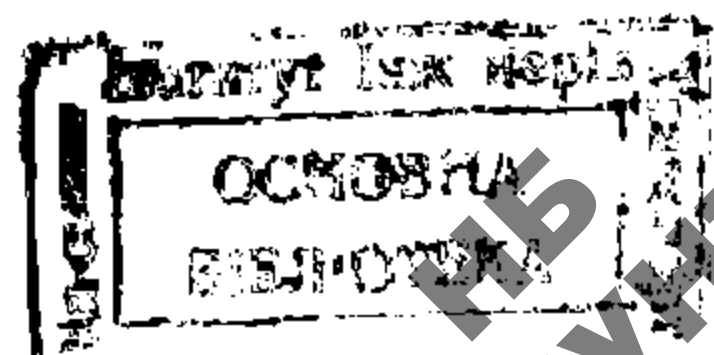
ЧАСТЬ I

МЕХАНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ОЧИСТКИ

ПОСОБИЕ ДЛЯ СТУДЕНТОВ, ИНЖЕНЕРОВ
И САНИТАРНЫХ ВРАЧЕЙ

3243

ОДЕССА 1936



УДУИТ
(ДИИТ)

Библиографическое описание этого издания помещено в „Літопису Українського Друку“, „Картковому репертуарі“ и других указателях Украинской Книжной Палаты.

Государственное издательство Молдавии
Типография „Молдпечать“. Тирасполь, ул. 25 Октября
Заказ № 351. Тираж 6000. Печ. л. 10¹/₄. Сдано в набор 2-ІІ-36. Подп. к печ. 29-VІ-36

Одесский обллит № 1618

НБ
УДУНТ
(ДІІТ)

В области канализационного строительства у нас в Союзе накоплен уже немалый опыт и имеются значительные достижения.

К сожалению, и этот опыт и эти достижения не отражены еще достаточно в специальной литературе и, таким образом, остаются в значительной мере неизвестными широким массам строителей канализации и не могли быть полностью использованы.

Учитывая давно назревшую необходимость в выпуске книги, которая освещала бы и систематизировала способы и методы очистки сточных вод, как из нашей, так и зарубежной практики, Одесское областное отделение ВНИТО водоснабжения и санитарной техники приняло на себя издание первой части труда проф. Б. О. Ботука „Очистка бытовых стоков“ — „Механические способы очистки“.

В предлагаемой книге проф. Ботук собрал и систематизировал наиболее ценное из русской и иностранной научно-технической литературы и инженерной практики по вопросам механической очистки сточных вод, изложив содержание в ясной и доступной форме.

Будучи не только теоретиком, но и большим практиком в области проектирования и строительства канализации, автор дал также и практические указания в области применения расчета и строительства того или иного объекта.

Одесское областное ВНИТО водоснабжения и санитарной техники считает, что появление настоящей книги окажется своевременным и полезным как для студентов специальных ВТУЗ'ов, так и для широких масс инженеров, строителей канализации и санитарных врачей.

*Президиум Одесского областного отделения
ВНИТО водоснабжения и санитарной техники*

НБ
УДУНТ
(ДИТ)

ОТ АВТОРА

Вопросы очистки сточных вод в настоящее время приобретают все большее значение. К началу второй пятилетки количество канализованных городов Союза доведено до 55. Постановлениями XVII Партсъезда за годы второй пятилетки предусмотрено количество канализованных городов увеличить до 125, т. е. соорудить новые 70 канализаций в наиболее крупных промышленных и административных центрах. В дальнейшем развитие канализационных устройств в населенных местах СССР пойдет еще более широкими темпами.

Строительство канализаций немыслимо без устройства соответствующих очистных установок, назначение которых, в основном, — оградить от загрязнений сточными водами водоемы, почву и воздух.

Однако, в современных очистных установках в условиях СССР не только должны быть разрешены санитарно-гигиенические вопросы, но и вопросы использования имеющихся в сточных водах ценных веществ, без нарушения, конечно, основных требований санитарно-гигиенического порядка.

Разрешая вопросы очистки сточных вод, необходимо учитывать и минерализующую способность того водоема, куда подлежат спуску после очистки сточные воды.

Как известно, в канализацию поступают как бытовые стоки (хозяйственно-фекальные воды), так и промышленные.

Характер производства и количество промышленных стоков значительно влияют на общий состав сточных вод, поступающих для очистки на очистные сооружения. В то время, как бытовой сток достаточно хорошо изучен и состав сточных вод бытового стока может быть определен более или менее точно в зависимости от норм водоотведения, сточные воды промышленных предприятий имеют свой специфический состав не только в различных отраслях производства, но и в одной и той же отрасли при различных методах обработки, различного рода характера сырья и пр.

Задачей настоящего труда являются вопросы очистки бытовых сточных вод. Чрезвычайное разнообразие производств в современных условиях нашего Союза, весьма различные по составу своему производственные стоки требуют их изучения для различных по характеру производств и установления для каждого из них своих специфических установок для очистки. Решение этих вопросов безусловно должно явиться задачей особого труда „Очистки промышленных сточных вод“ и в нашу задачу не входит.

Переходя к бытовым стокам, следует указать, что при очистке сточных вод необходимо ставить основной задачей минерализацию всех имеющихся в сточных водах органических веществ без ущерба для водоема, куда спускаются сточные воды после очистки, без загрязнения почвы и воздуха.

В сточных водах находятся примеси различного характера: минеральные и органические, растворенные и нерастворенные, плавающие, суспензированные, влекомые по дну и пр.

Очевидно, процесс очистки сточных вод будет успешным и целесообразным тогда, когда минеральные примеси будут отделены от органических, а последние разделены по характеру своему, и каждая группа органических веществ будет поставлена в условия наиболее благоприятные для нее в смысле прохождения процесса минерализации.

Современную очистную установку следует рассматривать как крупное фабрично-заводское предприятие с рядом цехов и обязательным наличием конвейера. Таким конвейером на очистной установке является текущая от сооружения к сооружению, да и в пределах самого сооружения, очищаемая вода. Отдельные сооружения являются цехами. Для полной аналогии с фабрично-заводским предприятием следует указать и на использование и переработку побочных продуктов. Не только очистка сточных вод, но и использование имеющихся в сточной воде ценных продуктов ставит на очередь вопрос об извлечении из сточных вод жиров, использование ила для получения газа, использование перегнившего ила в качестве удобрения, организация рыбных прудов и пр. и пр. При этом следует помнить, что организация этих „побочных“ на первый взгляд хозяйств значительно облегчает и основную задачу очистки сточных вод, без нарушения основных санитарно-гигиенических условий.

Процессы очистки сточных вод, начиная с наиболее примитивных из них (удержание грубых механических примесей), переходя ко все более сложным, заканчиваются наиболее сложным химико-физико-биологическим процессом (поля орошения, биологические фильтры, установки с активным илом). Эта цепь последовательно проводящихся процессов очистки, а следовательно и сооружений, в которых эти процессы очистки проводятся, может быть закончена в зависимости от характера и минерализующей способности того водоема, куда спускаются сточные воды после очистки, на том или ином звене.

Мы проводим наиболее существенную грань между процессами механической очистки и последующей биологической очистки и первую часть нашего труда посвящаем исключительно вопросам механической очистки.

В нашем труде мы старались по возможности полно и систематически охватить все существующие в настоящее время способы механической очистки и сооружения, в которых эти способы очистки проводятся. Некоторые из вопросов нами сознательно лишь поставлены, но не уточнены. К этим вопросам следует отнести способы химической, вернее механо-химической очистки бытовых сточных вод, мало применяемой в настоящее время.

Некоторых вопросов мы совершенно не коснулись, например, бензиноуловителей, считая, что основная задача этих сооружений — охрана уличной канализационной сети, — и потому они должны быть изложены либо в курсах „Канализаций зданий“, либо в вопросах „Очистки сточных промышленных вод“.

В нашем труде мы старались охватить имеющийся в нашем распоряжении материал как по очистке сточных вод в СССР, так и данные по капиталистическим странам, помня, что опыт и достижения капиталистических стран должны быть использованы при разворачивающемся канализационном строительстве у нас в Союзе с введением, конечно, соответствующих нашим условиям корректив.

При изложении вопросов расчета сооружений нами приведены различные нормы проектирования, при этом особо выделены временные нормы проектирования очистных сооружений для бытовых стоков, принятые в декабре 1933 г. Наркоматом Коммунального Хозяйства РСФСР.

Все указанные нормы являются ориентировочными и безусловно временными. Резкий рост строительства очистных для сточных вод сооружений в СССР ставит вопрос о рациональной эксплуатации этих сооружений, а следовательно и о возможно повышенных на настоящий момент нагрузках этих сооружений.

Указанное положение не может не отразиться на нормах проектирования

в сторону допустимого и рационального повышения нагрузок на сооружения.

Нам известно, что Наркомат Коммунального Хозяйства РСФСР уже приступил к переработке принятых им в 1933 году временных расчетных норм.

Далее, мы считаем необходимым подчеркнуть, что и новые нормы должны в каждом отдельном случае, в зависимости от местных условий, подвергаться уточнению и изучению на той части сооружений, которые возводятся в первую очередь строительства установки для очистки сточных вод.

Необходимо также подчеркнуть, что вопрос норм должен быть тесно увязан с вопросом учета количества поступающей на отдельные сооружения сточной воды и качественным и количественным эффектом очистки на этих сооружениях.

К сожалению, как правило, такого учета на наших установках нет и, еще хуже, до сих пор еще редко проектируют сооружения для учета воды и для новых установок.

Часто неисправная работа части сооружений (перегрузка, вследствие отсутствия учета, или другая причина) отражается на ухудшении работы всей очистной установки и ведет к неправильному занижению норм нагрузок на все сооружения.

В конце каждой главы, посвященной тем или иным сооружениям, мы старались дать данные о стоимости этих сооружений, при чем стоимость эта выражена, как это принято делать, в рублях 1926 г.

Стоимость сооружений отнесена нами к 1 м³ сточной воды, поступающей в течение суток на очистную установку. Безусловно, эта стоимость зависит от норм водоотведения; увеличение последних ведет к уменьшению концентрации сточных вод, к облегчению очистки их, а следовательно, и к уменьшению стоимости очистных сооружений. Приведенные нами цифровые данные исходят из средних норм водоотведения в 100-120 л в сутки на жителя.

Настоящий труд рассчитан на подготовленного читателя, знакомого с основами канализации, с химией воды, с основами микробиологии.

В заключение считаю своим приятным долгом выразить благодарность Одесскому областному правлению НИТО Водоснабжения и Санитарной Техники в лице председателя правления, директора Одесского Водоканалтреста, В. С. Квицинского, зам. председателя правления инж. А. И. Верника и члена правления инж. Д. С. Бинова за выпуск настоящего труда.

Особую признательность приношу доцентам Г. Э. Бассу, А. В. Гандельман и Я. Я. Звягинскому, оказавшим мне помощь советами при составлении настоящего труда.

Проф. Б. О. Ботук

7
НБ
УДУНТ
(ДИТ)

ОГЛАВЛЕНИЕ

От Президиума ВНИТО В и СТ	3
От автора	5
ГЛАВА I. Механические способы очистки сточных вод	
1. Введение	11
2. Количество и качество ила в сточных водах .	12
3. Пути развития отстойных сооружений .	13
ГЛАВА II. Песколовки	
4. Общие соображения	15
5. Типы и расчет песколовок	15
6. Конструкции песколовок	20
7. Очистка песколовок	26
ГЛАВА III. Решетки и сита	
8. Решетки. Общая часть	28
9. Гидравлический расчет решеток	29
10. Неподвижные решетки .	32
11. Подвижные решетки	36
12. Сита	40
13. Промывные сита .	43
14. Количество и характер удерживаемых отбросов	45
15. Помещения для решеток и сит	47
ГЛАВА IV. Отстойные бассейны	
16. Общие замечания	48
17. Горизонтальные отстойники. Основные принципы работы и расчет горизонтальных отстойников	49
18. Конструкции отстойников.	59
19. Механическое удаление ила из горизонтальных плоских отстойников	63
20. Существующие типы плоских отстойников	69
21. Дренажные отстойники .	73
22. Вертикальные отстойники	73
ГЛАВА V. Химическое осаждение	
23. Современное состояние вопроса	82
24. Сущность химического осаждения и примеры его применения .	83
25. Электролитический метод очистки сточных вод	86

ГЛАВА VI. Гнилостные бассейны — соптик-тэнки

26. Общие соображения	88
-----------------------	----

ГЛАВА VII. Двух'ярусные отстойники

27. Гидролитический тэнк д-ра Тревиса	91
28. Эмшер-бассейны. Сущность работы их	92
29. Назначение и конструкция отдельных частей Эмшер-бассейнов	97
30. Расчет Эмшер-бассейнов	100
31. Конструкции Эмшер-бассейнов	106
32. Двух'ярусные бассейны системы Омс	112
33. Двух'ярусные отстойники системы Дувидаг	113
34. Двух'ярусные осадочные колодцы системы Трикс-Ультра	114
35. Нейштадские бассейны	114
36. Жироловки	116

ГЛАВА VIII. Метан-тэнки

37. Назначение. Сущность работы. Расчет	120
38. Интенсификация распада ила в метан-тэнках	128
39. Конструкции метан-тэнков	130

ГЛАВА IX. Обезвоживание и использование ила

40. Иловые площадки. Конструкция их	141
41. Расчет иловых площадок	144
42. Вакуум-фильтры	149
43. Транспортировка ила	151
44. Использование ила	156
Список основной использованной и цитированной литературы	158

Приложение

Нормы расчета очистных сооружений из „Временных правил для проектирования хозяйственно-фекальных канализаций населенных мест“, утвержденных в декабре 1933 г. Наркоматом Коммунального хозяйства РСФСР	161
--	-----

МЕХАНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

§ 1

ВВЕДЕНИЕ

Способы очистки сточных вод могут быть разделены в основном на способы механической очистки и на способы биологической очистки.

Первые из них имеют целью освободить воду от значительного количества органических и минеральных веществ, находящихся в сточных водах как во взвешенном и в плавающем состоянии, так и влекомых по дну сточной водой, вторые (биологические) способы очистки должны совершенно очистить сточную воду, как от остатка мельчайших взвешенных частиц, так и от растворенных в воде органических веществ.

При первых способах применяют, в основном, чисто механическое разделение воды от примесей и потому они называются способами механической очистки, вторые, главным образом, базируются на жизнедеятельности бактерий, почему и называются способами биологической очистки.

Способы механической очистки можно назвать способами неполной очистки сточной воды, так как в результате применения их мы получаем осветленную воду, освобожденную лишь в той или иной степени, в зависимости от характера очистных сооружений, от нерастворенных в сточной воде минеральных и органических частиц.

Последние, по характеру своему и удельному весу, могут быть разделены на три группы: 1) частицы тяжелые, как влекомые по дну, так и быстро осаждающиеся из взвеси, 2) взвешенные частицы и 3) плавающие частицы.

Наиболее тяжелые, быстро-осаждающиеся частицы, в основном, являются частицами минеральными, медленно-осаждающиеся взвешенные частицы и плавающие—являются частицами органическими.

Существующие способы механической очистки сточных вод могут быть разделены в зависимости от характера задерживаемых ими частиц на:

1. песколовки, устраиваемые для удержания наиболее тяжелых частиц,
2. решетки и сита, назначение коих удерживать из сточной воды плавающие и наиболее крупные взвешенные частицы,
3. различного типа и конструкций отстойники, служащие для удержания органических взвешенных частиц.

Отстойники в свою очередь разделяются в зависимости от характера движения в них сточной воды и методов обезвреживания оседающих в них частиц (ила) на:

а) отстойники горизонтальные и вертикальные, из которых осаждающийся ил удаляется для своего обезвреживания;

б) септик-танки, представляющие собою горизонтальный отстойник, в котором происходит не только отстаивание, но и обезвреживание (перегнивание) осаждающегося ила;

в) двух'ярусные отстойники, верхняя часть которых представляет горизонтальный отстойник, а нижняя часть—загнивательная камера для осаждающегося ила.

Отстойники, устраиваемые со специальным назначением—для удержания из сточной воды легких жировых примесей—называются жироловками.

Перечисленные способы механической очистки применяются обычно в такой последовательности: песколовки, решетки или сита и отстойники, причем очистка может закончиться и на втором из указанных этапов (Ленинград). Американцы очень часто устанавливают решетки перед песколовками.

Если сточная вода подвергается в дальнейшем еще и биологической очистке, то способы механической очистки, являясь способами предварительной очистки, осветляют сточную воду, удаляют из нее ряд минеральных и органических частиц, чем значительно облегчают дальнейшую биологическую очистку.

Очистка сточной воды должна обеспечивать сан.-гигиенич. условия населенного места и ни в коем случае не загрязнять водоемов, почвы или воздуха.

Выбор способа очистки сточной воды зависит от комплекса местных условий: характера и количества сточных вод, климатических, топографических и почвенно-геологических условий, характера, мощности и назначения естественного водоема и пр. и пр. Задача эта довольно сложная и большая.

§ 2

КОЛИЧЕСТВО И КАЧЕСТВО ИЛА В СТОЧНЫХ ВОДАХ

В вопросах механической очистки наиболее серьезным и сложным является вопрос обезвреживания и рационального использования удержанных органических частиц (ила).

Количество сухих взвешенных веществ в сточных водах по проф. Строганову определяется в 35—50 г на 1 человека в сутки; зная норму водоотведения, можно легко определить концентрацию сточных вод в отношении количества взвешенных веществ¹.

С. Н. Строганов дает следующую таблицу определения концентрации сточной воды в мг на л исходя из количества взвешенных веществ при норме в 50 г на жителя в сутки (таблица 1).

Таблица 1

Расход воды на 1 жителя	50 л	85 л	100 л	150 л	200 л
Взвешенных веществ при 105° в мг на литр	1000	590	500	333	250
Осадок по объему (97,5% воды, 2 часа отстаивания)	2,8%	1,6%	1,4%	0,9%	0,7%

При этом вещества осаждающиеся состоят из 25% минеральных веществ и 75% органических веществ.

По данным инж. Имгофа (Imhoff) в обычных городских сточных водах — бытовых стоках — при норме водопотребления в 150 л на 1 человека в сутки общее количество взвешенных веществ составляет 390 мг на л, из них 300 мг или около 75% органических веществ, а 90 мг или около 25% — минеральных, при этом Имгоф указывает, что только $\frac{2}{3}$ взвешенных веществ поддаются осаждению².

Как видно из приведенного, цифры Строганова и Имгофа довольно близки как в отношении общего количества взвешенных веществ, так и распределения их на органические и минеральные.

Примесь к хозяйственно-фекальным водам промышленных стоков, в зави-

¹ Строганов С. Н., Методы биологической очистки, 1933.

² Imhoff K., Taschenbuch der Stadtentwässerung, 1925.

симости от состава их, может изменить количество и характер взвешенных веществ в общем стоке.

Так, по данным химико-бактериологической лаборатории Одесского ВКТ за 1930 г., в составе сточных вод г. Одессы количество взвешенных веществ определяется, при водопотреблении в 50 л на человека в сутки, в 1576,8 мг на литр, что находит себе объяснение в том, что промышленные стоки составляют около 30% от общего стока, при чем последние представлены, главным образом, водами кожевенной и пищевой промышленности, содержащими, как известно, большое количество нерастворенных частиц.

По данным харьковской канализации за 1926 г.¹ количество взвешенных веществ также определяется чрезвычайно большой цифрой в 1562,4 мг на литр, что объясняется как промышленными стоками, так и наличием сливных станций, принимающих нечистоты из неканализованных районов города в общегородской сток.

Задача механической очистки — выделить взвешенные вещества из сточной воды, причем количество осадков с содержащейся в них водой достигает довольно крупной цифры — до 1% от общего количества сточной воды, а затем уже выделенный осадок обезвреживать.

Наличие сравнительно большого количества промышленных стоков в общегородском стоке значительно меняет как количественный, так и качественный состав ила и характер его осаждения, требуя в каждом отдельном случае, в зависимости от индивидуальных свойств стоков, применять те или иные методы осветления сточной воды и обезвреживания осадков.

§ 3

ПУТИ РАЗВИТИЯ ОТСТОЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Прежде чем мы перейдем к рассмотрению назначения, расчета и конструкции отдельных сооружений для осаждения взвешенных веществ, остановимся вкратце на последовательности развития отстойных сооружений, применяемых для осаждения взвешенных частиц.

Простейшим типом отстойника является обычный горизонтальный отстойник. Основными недостатками горизонтальных отстойников являются неудобство извлечения ила, оседающего по всей длине отстойника, а также сравнительно дорогая конструкция отстойника при сооружении его в грунтах, насыщенных водой, и затруднительные условия производства работ.

Указанные недостатки устранены в отстойниках вертикального типа.

Большое количество оседающего в отстойниках ила со сравнительно большим содержанием воды в нем, необходимость извлечения этого ила и обезвреживания его в свое время вызвали к жизни устройство отстойников, в коих ил не только осаждался, но и обезвреживался (перегнивал).

Указанные отстойники получили название септик-танков, вследствие происходящего в них процесса обезвреживания ила.

Ил из септик-танков получается обезвреженным и значительно уменьшившимся по объему. Однако, если септик-танки так или иначе разрешают вопросы обезвреживания и удаления ила, то они чрезвычайно скверно отражаются на качестве протекающей через них и подвергающейся осветлению сточной воды.

Последняя насыщается растворимыми продуктами распада органических частиц, значительно затрудняющими дальнейшую биологическую очистку сточной воды.

Вследствие пребывания сточной воды в септиках до 12 часов и более и длительного пребывания в септиках ила до его разложения (до 6 месяцев),

¹ Черкас Д. С., инж., Канализация гор. Харькова и ее очистные сооружения, 1930.

объем септиков получается чрезвычайно большим и стоимость его сравнительно дорогой.

Недостатки септиков заставили искать новое решение, каковое было дано в виде двухъярусных отстойников, верхняя часть которых представляла горизонтальный отстойник, а нижняя — камеру для перегнивания ила.

Двухъярусные отстойники получили довольно широкое распространение. Они дают почти свежую, незагнившую воду после отстоя и перегнивший, уплотненный ил, кроме того, они позволяют использовать получающийся при перегнивании ила газ.

Однако, и двухъярусные отстойники обладают дефектами, основным из которых является дороговизна конструкции при больших глубинах, достигающих до 12—15 м, особенно в условиях грунтовых вод.

Лучшим решением вопроса явилось устройство отдельно отстойников и камер перегнивания для ила.

Последние можно устраивать частично выше поверхности земли и тем уменьшать их стоимость, искусственным подогревом их можно интенсифицировать процесс перегнивания ила и тем еще больше удешевить сооружение и увеличить газоотдачу ила.

Отделение отстойников от камер перегнивания ила снова вызвало вопрос о возвращении к горизонтальным и вертикальным отстойникам, причем для горизонтальных отстойников начали применять механизацию удаления ила, оседающего по всей длине отстойника.

Таков цикл, проделанный в вопросах отстаивания сточных вод за последние 50 лет.

ПЕСКОЛОВКИ

§ 4

ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ

Песколовки, как ясно следует из самого названия их, служат для выделения из сточной воды сравнительно крупных минеральных частиц — песка.

Наличие песка в сточной воде отражается на исправной работе механических частей, погруженных в воду или соприкасающихся с водой. Речь идет здесь о решетках, ситах и насосах.

Выпуск усовершенствованных центробежных насосов, перекачивающих жидкости с содержанием твердых частиц, не разрешил еще задачи с экономической точки зрения. Дороговизна самих насосов, частая смена частей их, очистка и прочее указывают на желательность предварительного освобождения сточных вод от песка, путем предварительного пропуска сточных вод через песколовки.

Наличие твердых частиц (песка) в сточной воде отражается и на нормальной работе отстойников и загнивателей. Количество ила увеличивается, удлиняются сроки перегнивания, утолщается плавающая корка, затрудняется транспортировка и обезвоживание ила и использование перегнившего ила.

Особенно затруднительно бывает удаление ила с песком из отстойников. Органические вещества, покрывающие песчинки, способствуют склеиванию их, в силу чего угол естественного отношения ила с песком резко увеличивается. По данным общества Эмшер (Emscher Genossenschaft) угол естественного отношения ила 1:40, в то время как наличие песка увеличивает его до 1:1.

При гидравлическом удалении ила с песком приходится выпускать большое количество сточных вод, затрудняющих дальнейшую обработку ила.

Все это говорит о целесообразности предварительного освобождения сточных вод от песка. Песчинки затрудняют эксплуатационное обслуживание очистных установок, оседая в пазах щитов, задвижек и проч.

В силу указанного, значительное большинство канализационных установок в системе своих сооружений имеет песколовки.

В тех установках, в которых песколовки не предусмотрены при самом устройстве их, они иногда создаются в магистральных коллекторах при уменьшении скоростей, как это имеет место в Одессе, где главные магистральные каналы на значительной длине их обращаются в песколовки, в которых ежегодно оседают тысячи м³ песка.

По нормам НККХ РСФСР в составе очистных сооружений песколовка должна быть безусловно предусмотрена, если в схеме очистных сооружений намечены отстойники. Однако, по этим нормам песколовка может быть построена и не в первый период строительства очистных сооружений.

§ 5

ТИПЫ И РАСЧЕТ ПЕСКОЛОВОК

Основные принципы устройства песколовков сводятся к созданию по пути следования сточной жидкости бассейна с уменьшенными скоростями, обеспе-

чивающими выпадение твердых частиц (песка), переносимых потоком сточных вод.

Величина скорости, обеспечивающая выпадение твердых частиц, должна превосходить скорости, при которых начинается выпадение более мелких и более легких органических частиц, для удержания которых, как известно, устраивают специально отстойники. Бассейны для вылавливания твердых частиц (песка) мы и будем называть песколовками.

Песколовки в зависимости от основного направления движения сточной воды в них разделяются на вертикальные и горизонтальные.

Начнем рассмотрение вопроса с горизонтальных, наиболее распространенных, типов песколовков.

Различными авторами предлагаются для расчета горизонтальных песколовков весьма различные скорости в пределах от 5 до 60 см/сек.

Нижний предел от 5 до 20 см/сек предложен Дунбаром (Dunbar), верхний, от 25 до 60 см/сек, Фрюлингом (Frühling).

На основании данных новейшей немецкой литературы скорость эта в среднем принимается равной 30 см/сек.¹

На скорость эту, однако, нельзя смотреть как на строго определенную величину.

Для сточных вод каждого города оптимальная скорость для песколовков, обеспечивающая выпадение значительного количества песка без выпадения органических взвешенных частиц, должна быть определена опытным путем. Скорость эта безусловно зависит от системы канализации, характера уличного покрова, концентрации и характера сточных вод, количества этих вод и размеров самой песколовки.

При расчете горизонтальных песколовков у нас в СССР принимают скорости самые различные, так, при проектировании горизонтальной песколовки в г. Харькове в 1931 г. скорость была принята в 30 см/сек,² в канализации гор. Баку 10—15 см/сек.³

В условиях городов СССР можно принять за пределы оптимальных скоростей в горизонтальных песколовках 20—30 см/сек.

Время пребывания сточной воды в песколовке, вернее, время прохождения, принимают в пределах от 0,5 до 2,0 минут.

Обычная длина песколовков, в пределах, до 20 м. Имгоф пишет, что длина песколовков должна определяться количеством имеющегося в сточной воде песка и степенью желаемого удержания его в песколовке. Чем длиннее песколовка, тем вернее эффект удержания песка.

Так как песколовки значительное количество времени работают на неполную нагрузку (первое время после устройства канализации, в ночное время), то возникают опасения, что действительные скорости будут значительно меньше оптимальных расчетных, а это вызовет выпадение в песколовках не только песка, но и органических частиц, что поведет к загниванию осадков и затруднению в их транспортировании.

В силу изложенного необходимо устраивать не одну камеру песколовки, рассчитанную на пропуск всего расхода, а принимать число отдельных камер равным 2—3, с тем, чтобы во время малых расходов сточной воды работали бы не все камеры, а только часть из них.

Основные размеры песколовков определяются в зависимости от заданного расхода сточных вод Q_{cp} м³/с, принятой оптимальной скорости v м/с и времени пребывания сточной воды в песколовке t минут.

Длина песколовки L определяется по элементарной формуле

$$L = v \cdot t \cdot 60 \text{ м.}$$

¹ Imhoff K., Taschenbuch der Stadtentwässerung, 1925.

² Пояснительная записка к проекту песколовки.

³ Атлас М. И., инж., Пояснительная записка к проекту канализации г. Баку, 1924

Поперечное сечение песколовки (всех камер)

$$\Omega = \frac{Q}{v} \text{ м}^2.$$

Размеры каждой из камер (B и H) можно определить исходя из следующих предпосылок.

Дно песколовки рекомендуется устраивать плоским, ниже дна подводящего канала на некоторую высоту a , принимаемую, обычно, до 1 м.

Так как в пределах этой части будет откладываться песок, то при расчете сечения песколовки нужно принимать не всю величину a , а только часть ее $\frac{a}{2}$; нижняя часть песколовки, высотой $(1 - \frac{a}{2})a$, служит для осаждающегося в песколовке песка.

Если глубина воды в подводящем к песколовке канале равна h , то H — глубина воды в песколовке, равна

$$H = h + \frac{a}{2}.$$

Зная потребную суммарную площадь всех камер песколовки Ω , количество камер песколовки n и рабочую глубину воды в песколовке H , можно определить ширину каждой камеры B :

$$B = \frac{\Omega}{nH} \text{ м}.$$

Ширина камеры песколовки устраивается не меньше ширины подводящего канала b .

Полученные размеры песколовки должны быть проверены на максимальную и минимальную скорости при пропуске максимального расхода по всем камерам песколовки и при пропуске минимального расхода через одну из камер.

Скорости V_{max} и V_{min} должны быть в пределах скоростей 0,30 — 0,10 м/сек.

3243

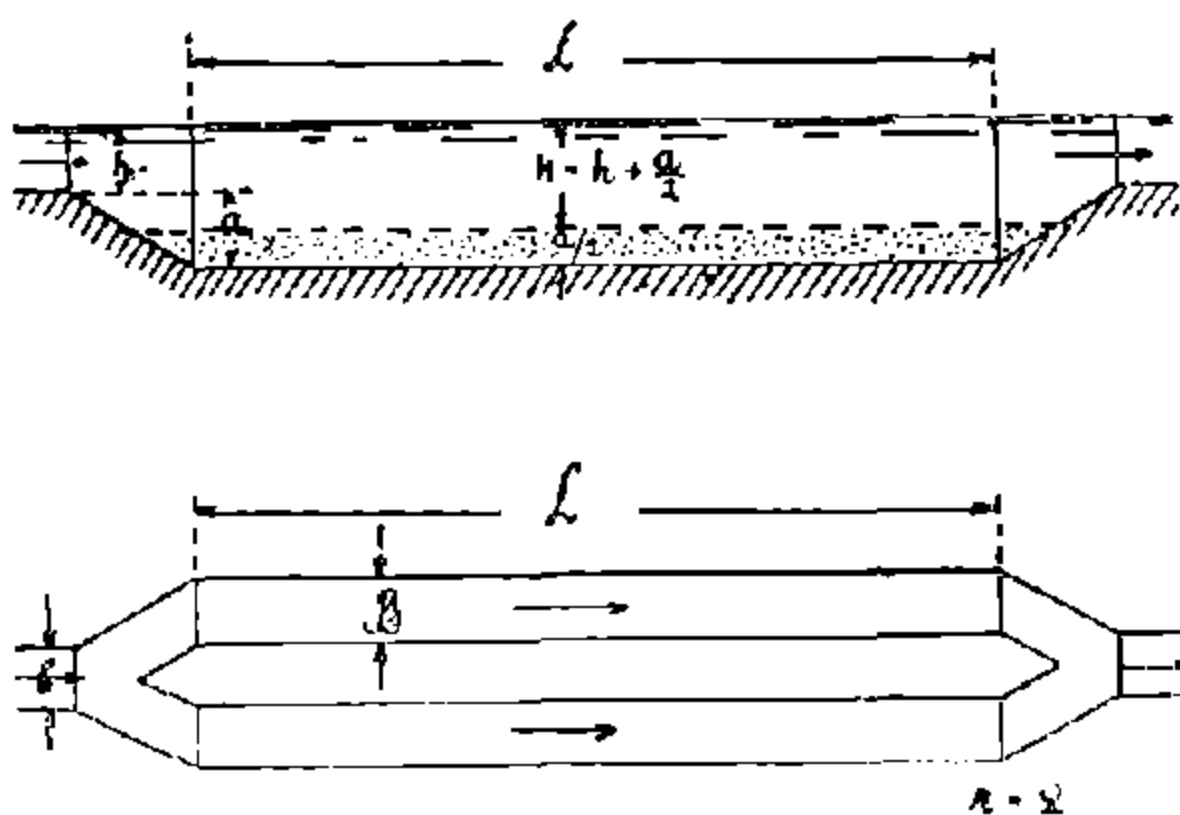


Рис. 1 Схема горизонтальной песколовки. Продольный разрез и план.

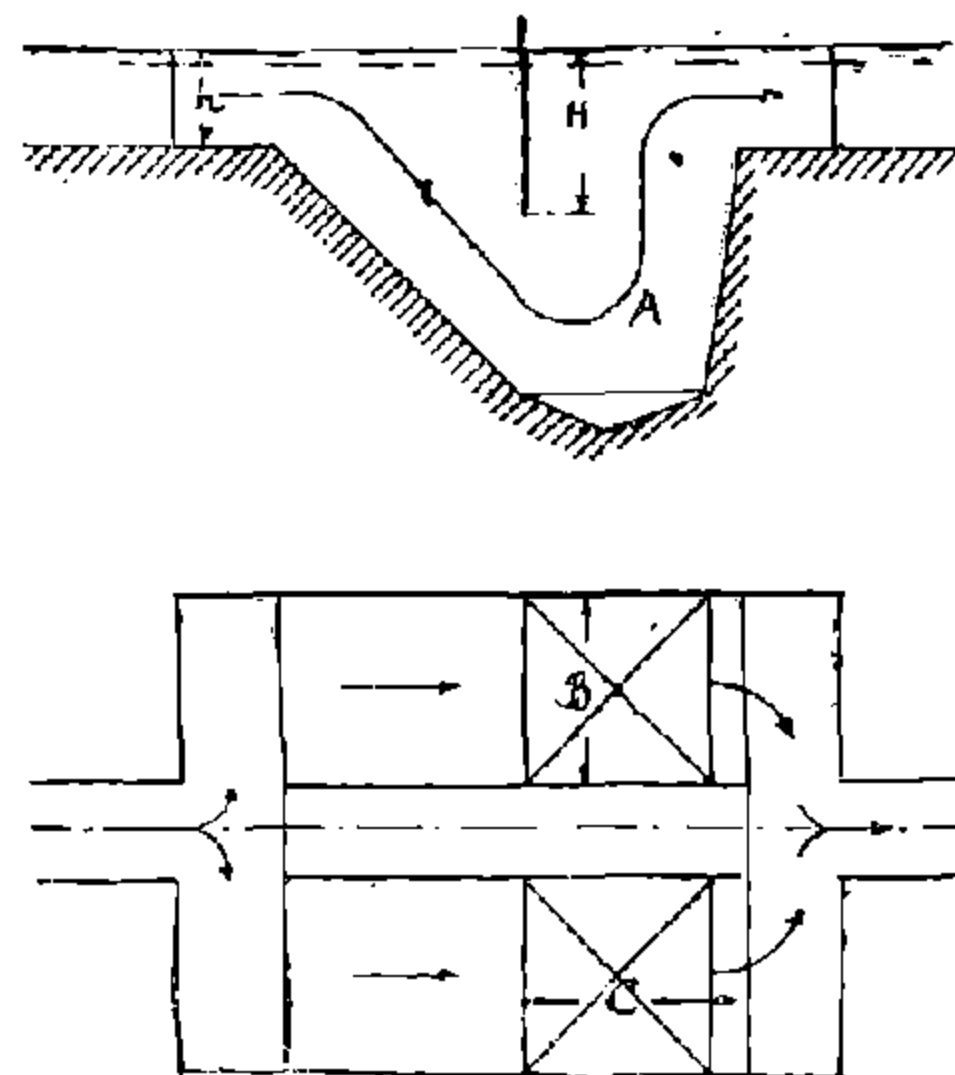


Рис. 2. Схема вертикальной песколовки. Продольный разрез и план.

Сравнительно большая длина горизонтальных песколовки (рис. 1) и значительное заглубление их в большинстве случаев, а также необходимость выключения горизонтальной песколовки из работы во время очистки вызвали к жизни песколовки с вертикальным движением потока.



17
НВ
УДУНТ
(ДІІТ)

При расчете вертикальной песколовки оптимальная скорость, обеспечивающая оседание лишь песка в песколовке, определяется значительно меньшими величинами в пределах 2,5 — 7,5 см/сек (рис. 2).

Время ссаждения t принимают в пределах полуминуты — двух минут.

Как и в случае горизонтальных песколовки, устраивают не одну камеру, а несколько, из расчета на неравномерность поступления сточных вод.

По среднему расходу сточной воды Q_{cp} м³/с, принятой оптимальной скорости v м/с и количеству камер песколовки можно определить горизонтальное сечение песколовки при под'еме воды:

$$B \cdot C = \frac{Q}{n \cdot v} \text{ м}^2.$$

Принимая $C = 1,20 - 1,30B$, получим, что

$$1,2 - 1,3B^2 = \frac{Q}{n \cdot v'}$$

откуда и могут быть определены размеры B и C .

Высота отстоя воды $H = v \cdot t \cdot 60$ м.

Нижняя камера A для сбора песка устраивается по возможности небольшой и требует регулярной очистки ее от выпадающих песчинок.

Вертикальным песколовкам также свойственен ряд недостатков: 1) значительное углубление камеры песколовки, 2) затруднительность полной очистки песколовки без выключения ее из работы, что ведет к некоторому загниванию оседающих вместе с песком органических веществ, и 3) накопление перед погруженным щитом у песколовки плавающих веществ.

Пример 1. Определить размеры двухкамерной горизонтальной песколовки на канализационной установке с 40000 м³ сточных вод в сутки. Глубина воды в подводящем канале $h = 0,50$ м при Q_{cp} . Коэффициент неравномерности 1,5, $h_{max} = 0,70$ м.

Принимаем скорость движения в песколовке $V = 0,25$ м/с, время пребывания в песколовке $t = 1,2$ мин., углубление песколовки $a = 0,8$ м.

Тогда длина песколовки $L = v \times t \times 60 = 0,25 \times 1,2 \times 60 = 18$ м.

Поперечное сечение песколовки

$$\Omega = \frac{Q}{86400 \cdot v} = \frac{40000}{86400 \times 0,25} = 1,85 \text{ м}^2.$$

Общая рабочая глубина в песколовке

$$H = h + \frac{a}{2} = 0,5 + \frac{0,8}{2} = 0,9 \text{ м.}$$

Ширина каждой камеры

$$B = \frac{\Omega}{n \cdot H} = \frac{1,85}{2 \cdot 0,9} = 1,03 \text{ м.}$$

Проверим величину скорости при максимальном расходе

$$V_{max} = \frac{Q \times 1,5}{n \times B \times H_{max}} = \frac{4000 \times 1,5}{2 \times 1,03 \times 1,1 \times 86400} = 0,3 \text{ м/с.}$$

Пример 2. Для тех же условий определить размеры двухкамерной вертикальной песколовки.

Принимаем $V = 0,05$ м/с, $t = 30$ сек.

Высота отстоя воды $H = vt = 0,05 \times 30 = 1,5$ м.

$$\begin{aligned} \text{Ширина каждой из камер песколовки } B &= \sqrt{\frac{Q}{1,2 \cdot n \cdot v \cdot 86400}} = \\ &= \sqrt{\frac{4000}{1,2 \times 2 \times 0,05 \times 86400}} = \sqrt{3,85} = 1,96 \text{ м.} \end{aligned}$$

Длина камеры $C = 1,2B = 1,2 \times 1,96 = 2,36$ м.

Проверим величину скорости при максимальном расходе

$$V_{max} = \frac{Q \times 1,5}{2 \times B \times C} = \frac{40000 \times 1,5}{2 \times 1,96 \times 2,36 \times 86400} = 0,075 \text{ м/с.}$$

Очистку песколовок от песка необходимо производить в сроки, гарантирующие расчетные скорости.

Длительное нахождение в песколовке осевшего песка ведет к уменьшению рабочего сечения песколовки, увеличению скорости движения сточной воды, а следовательно, и к худшему эффекту осаждения.

Органические частицы, покрывающие песчинки, начинают загнивать и склеивают частицы песка.

Вот почему очистка механизированных песколовок производится ежедневно, а вертикальных песколовок даже несколько раз в день. Дренажные песколовки очищают, обычно, один раз в три—шесть дней.

Предельное время очистки горизонтальной песколовки может быть определено, исходя из запроектированной высоты нижней части песколовки для осаждающегося песка a ($1 - \alpha$) и количества осадков на 1000 человек в сутки, принимаемого обычно в 10—20 л с содержанием воды до 50%.

В приведенном выше примере расчета горизонтальной песколовки предельное время очистки может быть определено, если принять норму водоотведения, например, $q = 100$ л на человека в сутки, тогда обслуживаемое песколовкой количество жителей

$$N = \frac{Q}{q} = \frac{40000}{0,1} = 400\,000 \text{ человек.}$$

Количество осадков на 1000 человек в сутки принимаем 15 л, следовательно, общее суточное накопление песка составит

$$S = \frac{15 \times 400000}{1000} = 6000 \text{ л} = 6 \text{ м}^3.$$

Объем нижней части песколовки

$$V = na(1 - \alpha)BL,$$

где n — число камер песколовки = 2;

$$V = 2 \times 1,0 \times (1 - 0,5) \times 1,03 \times 18,0 = 18,6 \text{ м}^3,$$

$$\text{откуда } T = \frac{V}{S} = \frac{18,6}{6} \sim 3 \text{ суток}$$

КОНСТРУКЦИИ ПЕСКОЛОВОК

Для выяснения конструкций различных песколовок приведем описание некоторых из них.

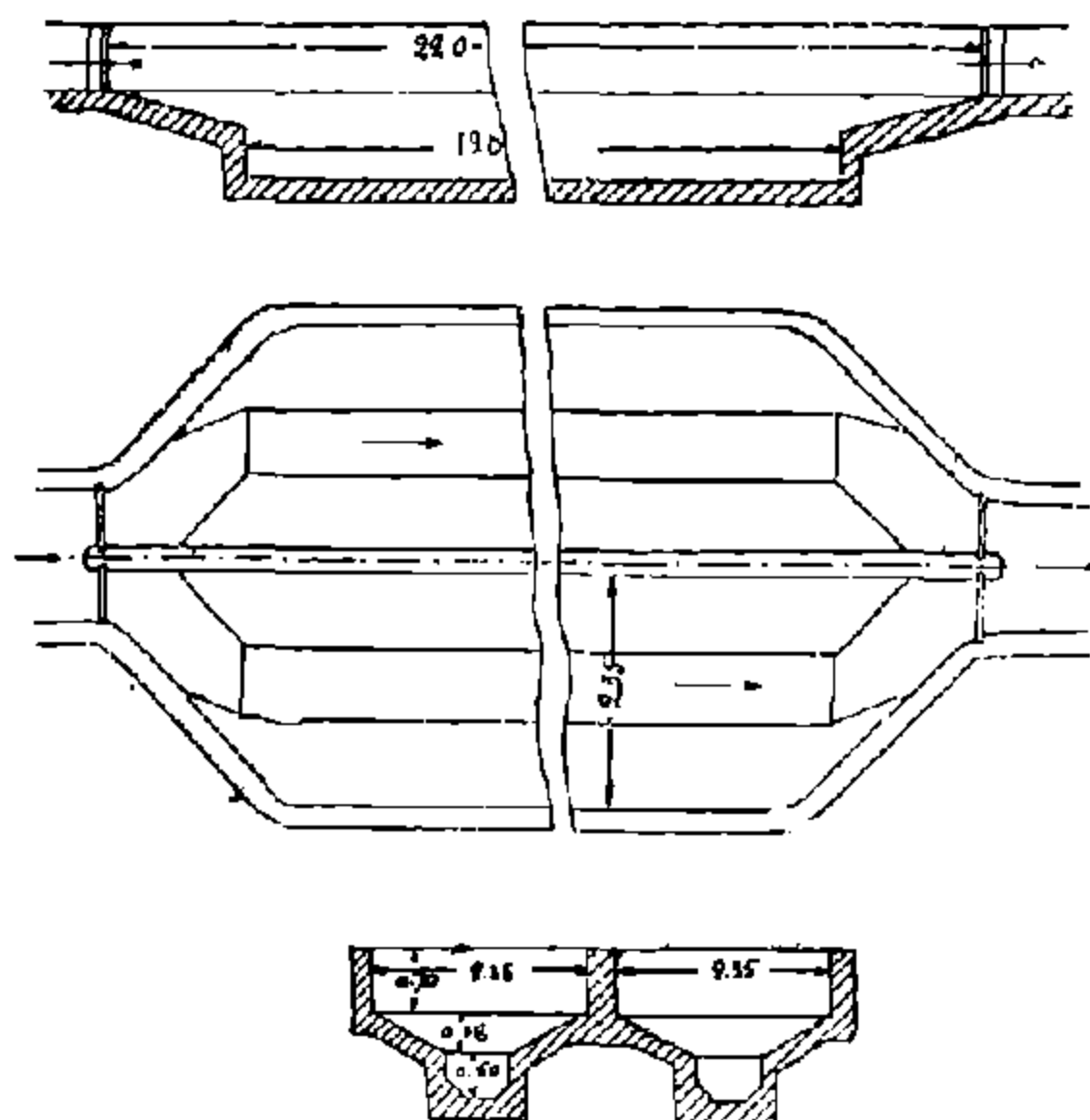


Рис. 3. Горизонтальная песколовка Харьковской очистной установки.

Горизонтальная песколовка Харьковской очистной установки¹ состоит из 2-х камер, длиною 19,0 м. Ширина каждой из камер песколовки 2,35 м. (рис. 3)

Горизонтальная песколовка, запроектированная американцами для автостроя в Горьком², установлена за насосной станцией и двумя рядами решеток и представляет длинный железобетонный лоток, расположенный над поверхностью земли. Песколовка разделена на две части (камеры) вертикальной стеной.

Рабочая длина песколовки около 20,0 м. Дно песколовки ниже лотков подводящих и отводящих каналов, причем дну песколовки придан уклон по движению воды.

В начале песколовки заглубление 0,50 м, в наиболее заглубленной части 0,90 м. В этом месте установлена чугунная тру-

ба $d = 200$ мм для сброса в вагонетки осевшего песка.

Для очистки одной из камер песколовки необходимо ее выключение из работы, откачка расположенной над песком воды и ручная подача песка вместе с водой к трубам для сброса.

Операция очистки песколовки с удалением большого количества воды вместе с песком лишает этот тип песколовки особых преимуществ.

На рис. 4 изображен продольный разрез указанной песколовки.

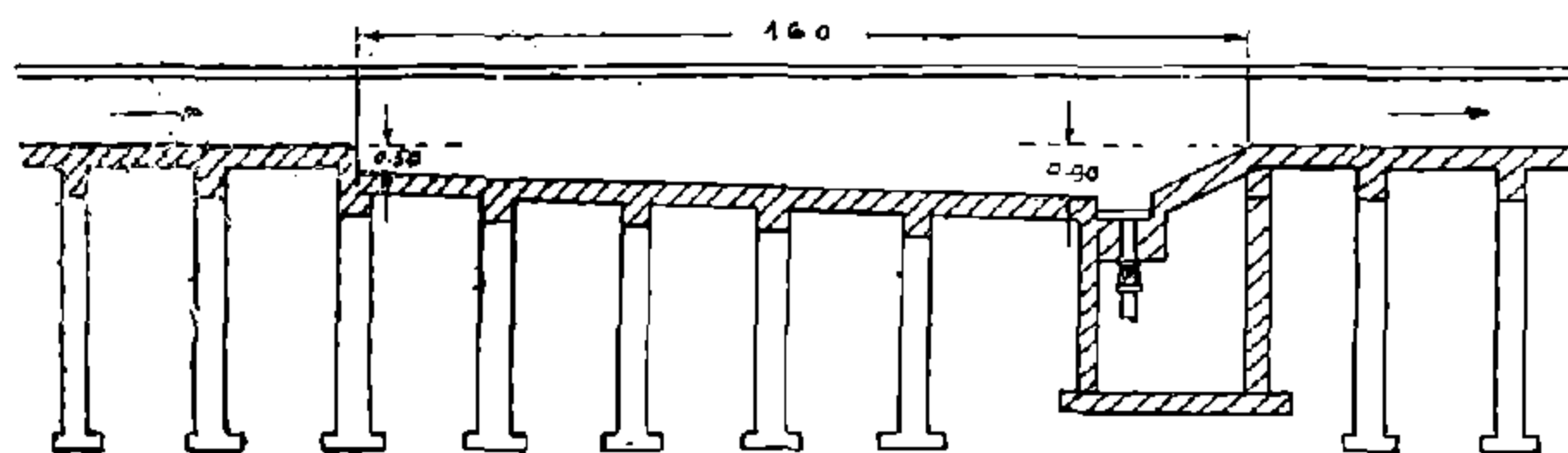


Рис. 4. Горизонтальная песколовка, запроектированная для Автостроя в Горьком.

В пущенной в эксплуатацию в 1931 году очистной установке Штансдорф в Берлине, рассчитанной на 180000 м³ сточной воды в сутки, песколовки устроены двух типов³.

1. Песколовка северной части представляет собою горизонтальную песколовку, разбитую на три камеры, длиною $L = 15,0$ м, шириною $b = 2,7$ м и глубиною $h = 3$ м (рис. 5). Скорость движения в песколовке 25 — 30 см/сек.

Каждая из камер разделена двумя продольными перегородками, недоходящими до дна, на 3 части. Боковые отделения шириною 0,95 м служат для протока, а среднее, шириною в 0,60 м, для осаждения песка и представляет

¹ Проект Харьковской песколовки, 1932.

² Цекомбанк, выпуск 5, Наружная канализация, 1932.

³ Langbein F. und Weise E. „Die Entwicklung der Abwasser-Reinigungsverfahren und des Berliner Grossklärwerk Stahnsdorf“, 1932.

из себя род жолоба, из которого осевший песок извлекается нориями и сбрасывается на транспортер. Песок с транспортера на вагонетках подается в штабеля для обезвреживания.

2. Южная песколовка представляет собою камеру, площадью в $10,7 \times 10,7 \text{ м}^2$, с плоским дном, наклоненным к горизонту под углом $\alpha = 12^\circ$.

Дорровские скребки, на наклонной оси, нормальной ко дну песколовки, продвигают песок с осевшими вместе с ним органическими частицами к особому сепаратору. Песок, отделенный от органических веществ, подымается нориями и сбрасывается в бункер, а из него в вагонетки (рис. 6).

Сточная вода из сепаратора снова поступает в песколовку.

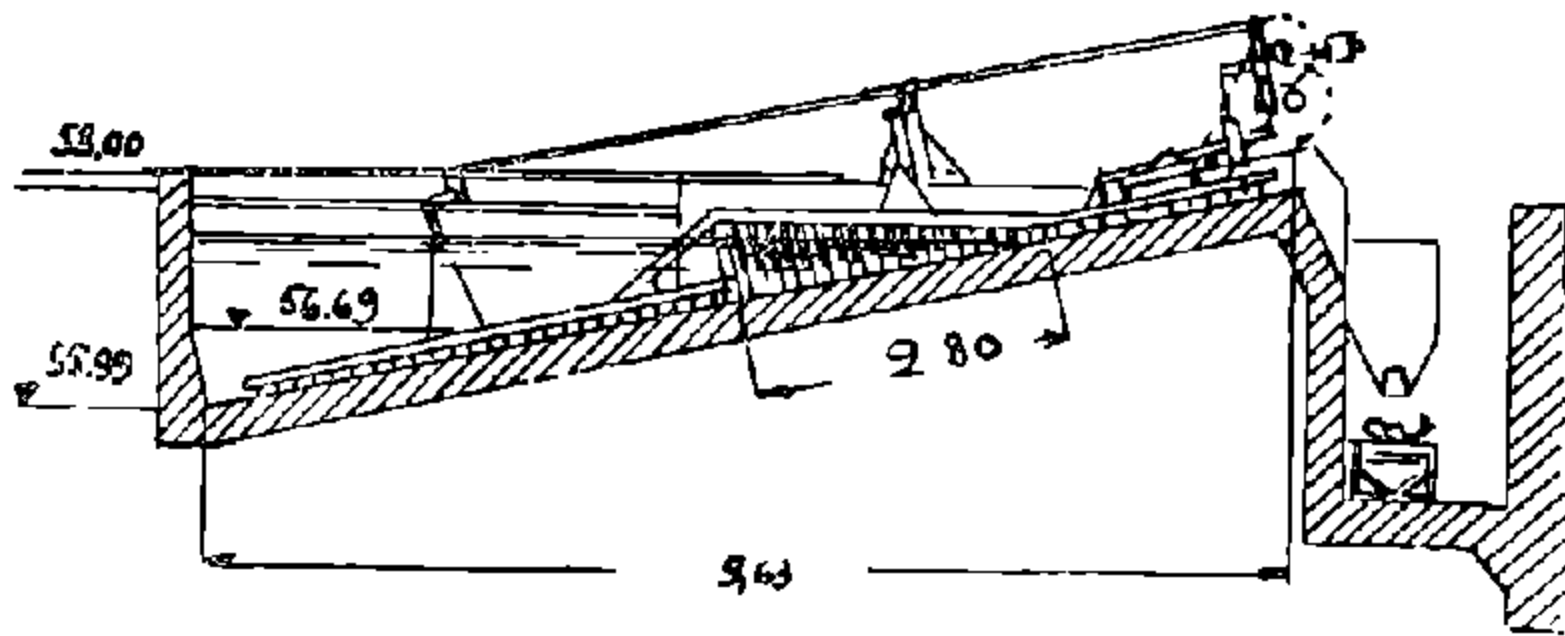


Рис. 6. Песколовка южной части очистной установки Штансдорф (Берлин).

ной воды в песколовке $t = 36 \text{ сек}$.

Расчетные данные приведены для $Q_{\text{ср}}$. При максимальном расходе сточной воды скорости повышаются; при минимальном расходе работает лишь одна камера, скорость $v = 5,5 \text{ см/сек}$.

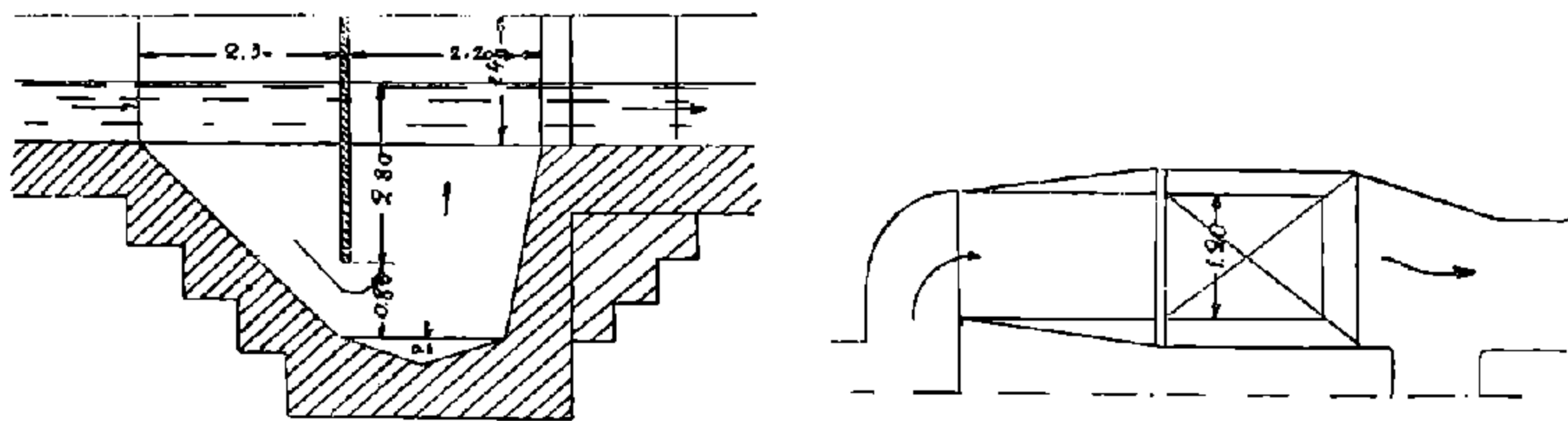


Рис. 7. Вертикальная песколовка канализации гор. Николаева.

Необходимые расчетные данные сведены нами в таблицу 2.

Таблица 2

$Q_{\text{л/с}}$	$Q_{\text{л/с}}$		$H_{\text{м}}$ при $w=3,65 \text{ м}^2$	$t \text{ сек}$
$Q_{\text{ср}}$	200	4,5	2,0	36
Q_{max}	365	10	2,0	20
Q_{min}	100	2,75	2,0	72*

* При работе двух камер.

¹ Проект канализации гор. Николаева, 1932.

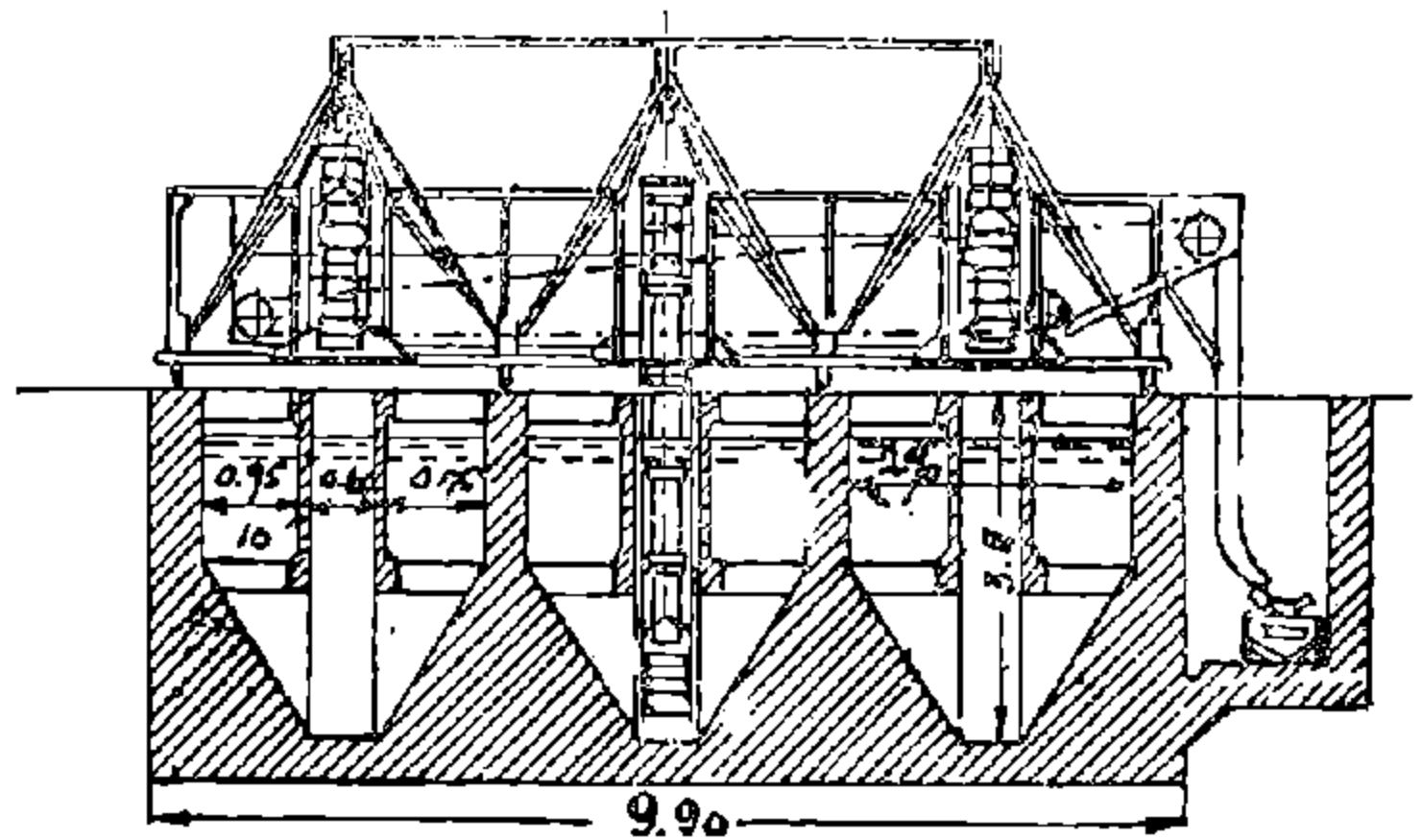


Рис. 5. Песколовка северной части очистной установки Штансдорф (Берлин).

Ниже мы приводим разрез песколовки с указанием необходимых размеров.

Как на пример вертикальной песколовки, укажем на песколовку, запроектированную для канализации г. Николаева.¹

Ниже мы помещаем рисунок (рис. 7) песколовки с необходимыми размерами.

Расчетная скорость $v = 5,5 \text{ см/с}$.

Время пребывания сточ-

Очистка песколовки предусмотрена при помощи грейфера, подающего песок из песколовки на вагонетку для отвозки его к месту обезвреживания.

Грейфер принят типа, примененного на Харьковской канализации, общей емкостью до $1,0 \text{ м}^3$.¹

Схематический чертеж грейфера приводится на рисунках 8 и 9.

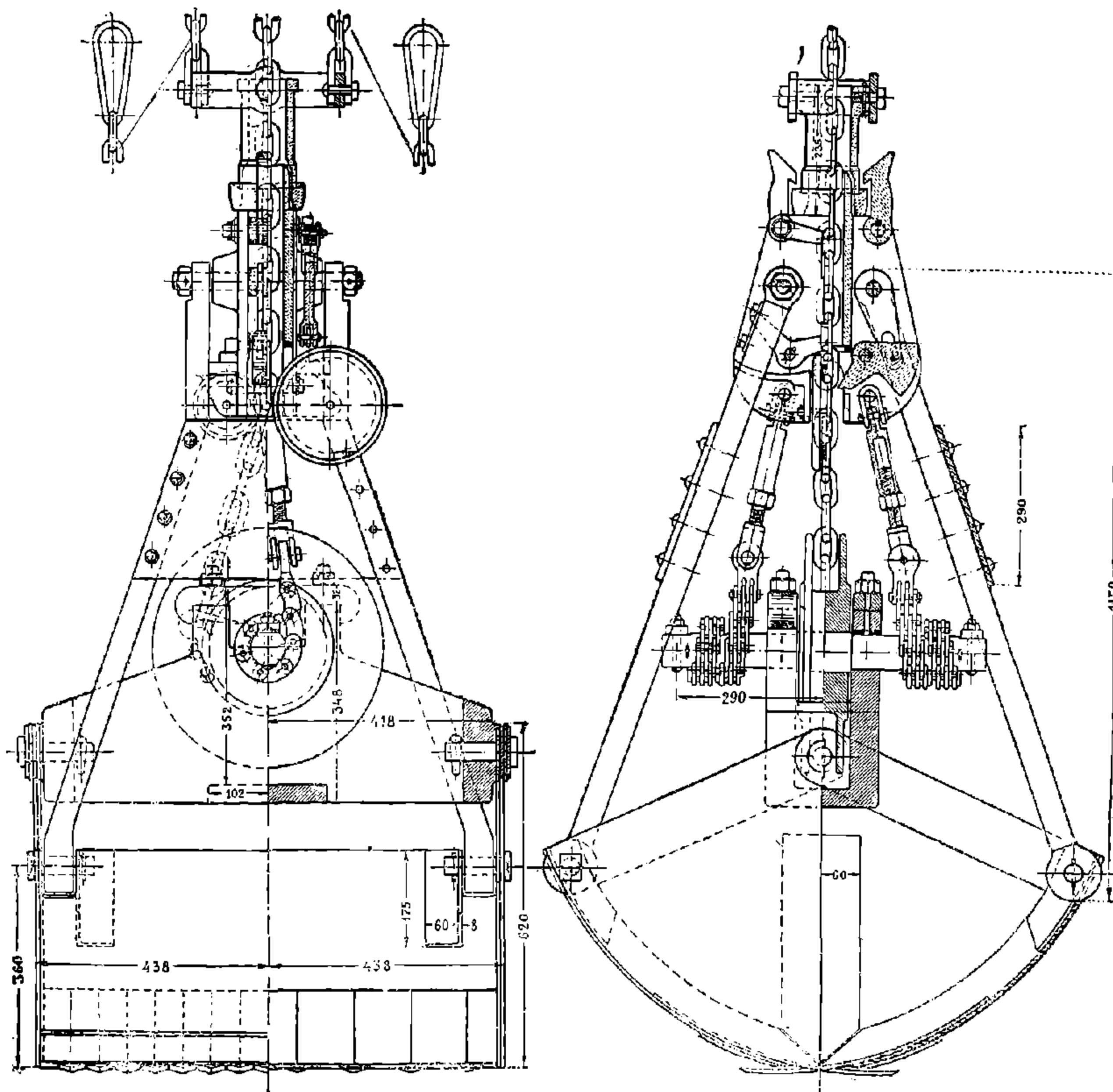


Рис. 8 и 9. Грейфер.

Чрезвычайно интересна конструкция автоматической песколовки „Дорра“. Дорровская песколовка² представляет собою плоский отстойник с металлическим скребком для сбора и передвижения песка и нории для под'ема осевшего песка (рис. 10).

Вода к песколовке подается общим для двух отделений песколовки каналом, разделяющимся на два направляющих лотка, которыми вода равномерно распределяется по ширине песколовки (рис. 11).

С противоположной стороны имеется сборный лоток. Камера для сбора песка и извлечения его расположена между двумя отделениями песколовки. Камера эта соединена с песколовкой в нижней части для приема песка, подаваемого скребком, а в верхней—для отвода части сточной воды из камеры в песколовку. Действительно, во время под'ема песка нориями уровень

¹ Чертежи Харьковской канализации.

² Dorrgesellschaft, Die Reinigung von Wasser und Abwasser.

воды в камере подымается по сравнению с уровнем воды в песколовке; это создает необходимый напор для движения. При этом органические ве-

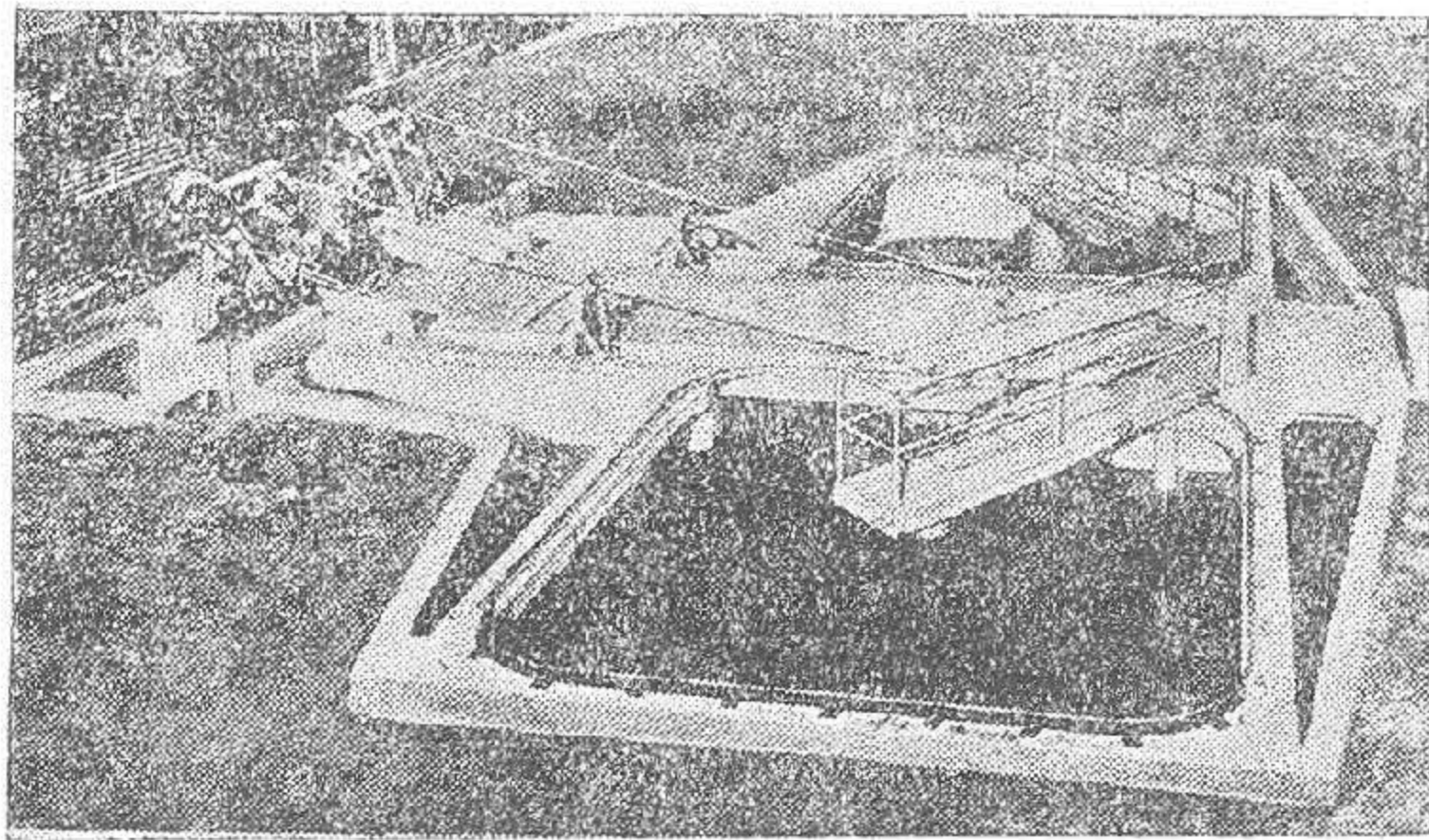


Рис. 10. Дорровская песколовка.

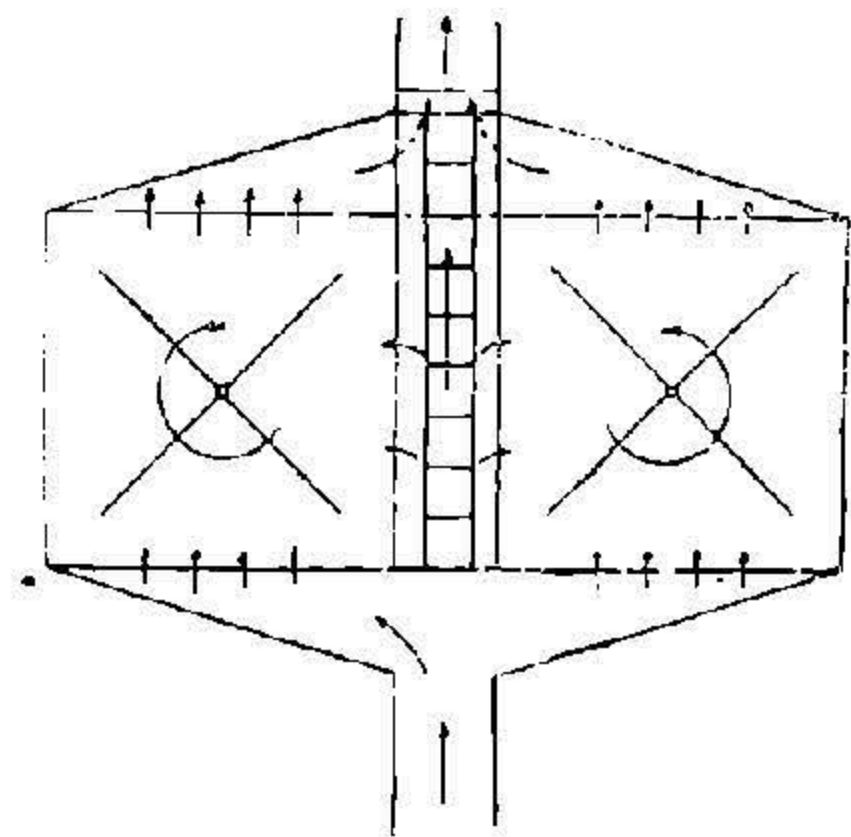


Рис. 11. Схема движения воды и песка в Дорровской песколовке.

щества, благодаря движению норий вместе с водой, смываются последней с песчинок и направляются снова в песколовку.

По данным О-ва Дорр, извлекаемый из Дорровской песколовки песок содержит менее 5% органических веществ и может быть непосредственно использован в качестве фильтрующего слоя на иловых площадках либо пойти на засыпку.

Иного типа вертикальная песколовка описана Блунком (Blunk).¹ Осо-

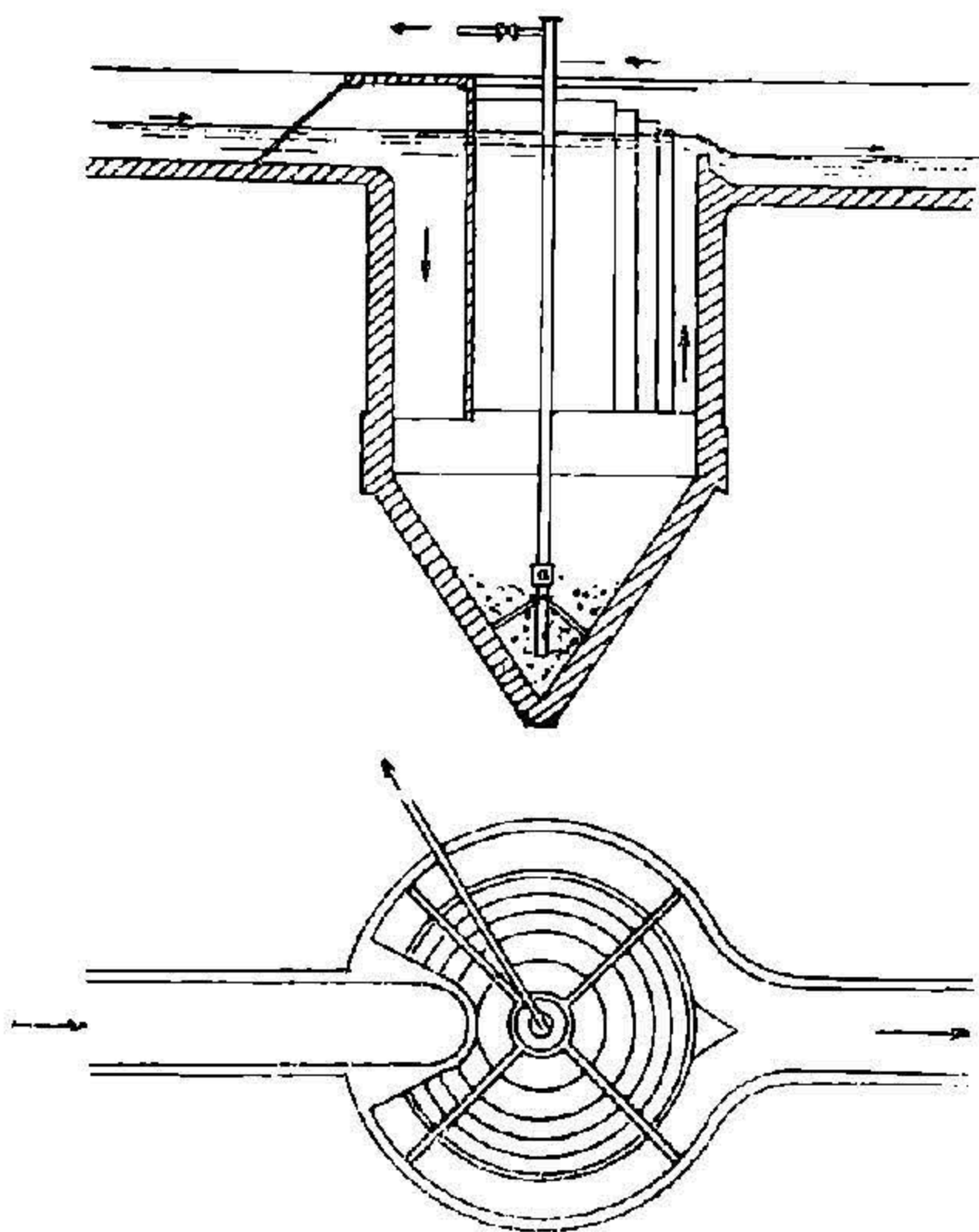


Рис. 12. Вертикальная песколовка г. Бохума (Германия).

бенности этой песколовки сводятся к тому, что песколовка представляет собою вертикальный цилиндрический резервуар, заканчивающийся конической воронкой для сбора осаждающегося песка. Рабочей частью песколовки является ее цилиндрическая часть высотой не менее 3,0 м. (рис. 12), последняя разбита рядом concentрических поверхностей на ряд отдельных ячеек, вступающих в работу в зависимости от поступающего на песколовку расхода воды. Расход сточной воды влияет на уровень воды в подводящем и отводящем каналах; большему расходу соответствует и больший уровень. С уровнем же воды связаны сливные гребни concentрических перегородок, разделяющих песколовку на ряд ячеек.

Осевший песок извлекается при помощи эрлифта, пускаемого в работу периодически (в зависимости от объема сборной воронки) на 10—20 минут. Вместе с песком выбрасывается и

некоторое количество воды, которое на дренированных площадках чрезвычайно легко отделяется от песка и снова направляется в канализационный канал.

По данным Блунка, указанная песколовка в Бохуме удерживает до 98% минеральных частичек и только 2% органических.

¹ Blunk H., Beitrag zur Berechnung von Sandfängen. G. Ing. 1933.

В качестве иллюстрации расчета песколовки Блунк приводит следующие данные:

$$Q_{min} = 200 \text{ л/с.}; \quad Q_{max} = 1000 \text{ л/с.}, \quad \text{скорость в песколовке } v = 0,1 \text{ м/сек.}$$

$$Q_{max} = \frac{Q_{max}}{v} = \frac{1,0}{0,1} = 10 \text{ м}^2;$$

$$Q_{min} = \frac{Q_{min}}{v} = \frac{0,2}{0,1} = 2,0 \text{ м}^2.$$

Рабочую часть песколовки желательно в данном случае разбить на пять частей, по $2,0 \text{ м}^2$ сечением каждая. Для лучшего удаления осевшего песка из конусообразного днища песколовки откосы днища должны быть круче $1:1,5$ ($\alpha > 57^\circ$).

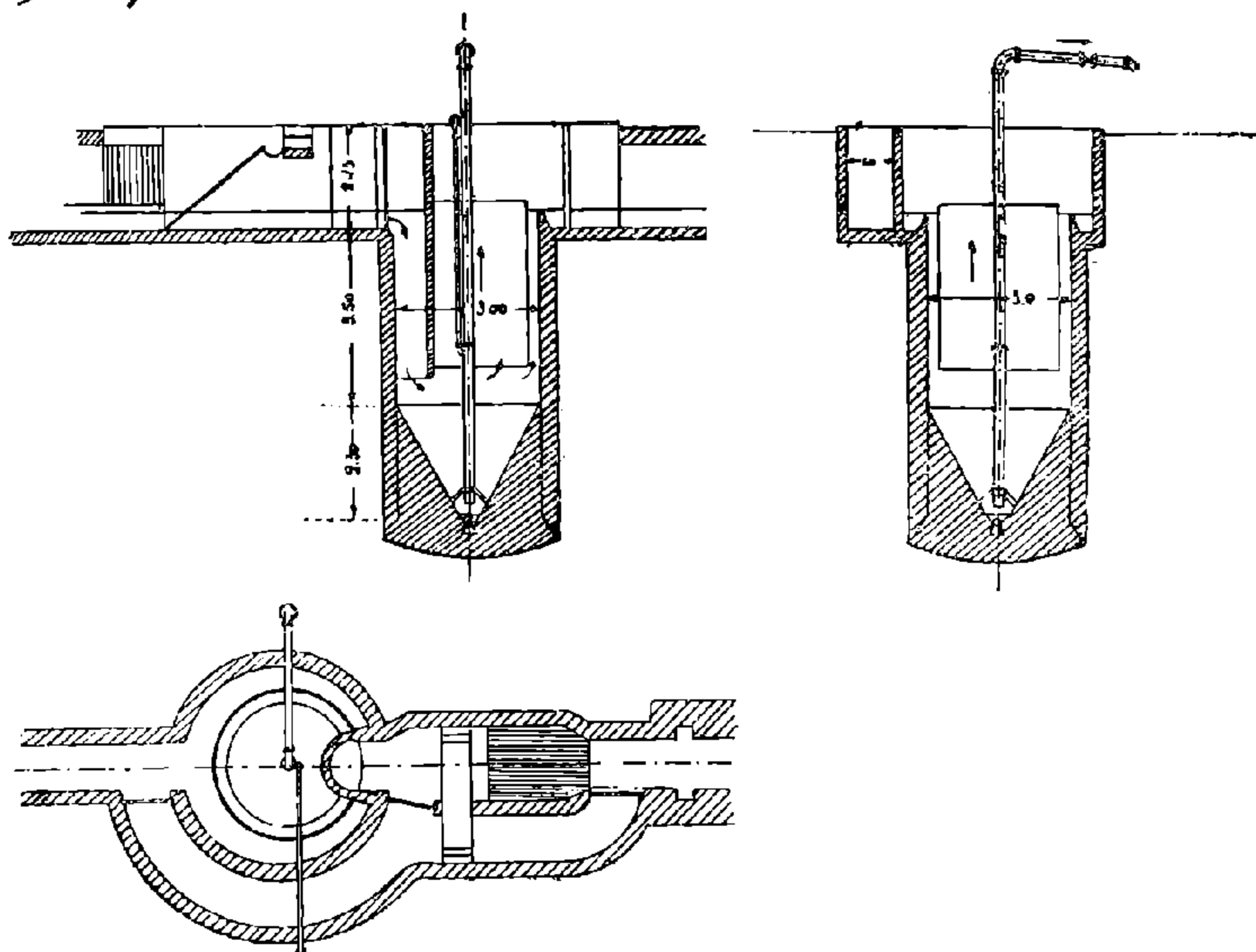


Рис. 13. Вертикальная песколовка г. Бонн (Германия).

Аналогичная по типу вертикальная песколовка сооружена в городе Бонн в Германии. Описание ее заимствовано у Энгельберта (Engelbert) (рис. 13)¹. Сточная вода подводится к вертикальной цилиндрической песколовке, снабженной входной камерой, площадью в $0,4 \text{ м}^2$. Диаметр песколовки $3,0 \text{ м}$. В сухую погоду вода движется в песколовке снизу вверх по щелевому круговому пространству, образуемому наружной стеной песколовки и расположенным внутри песколовки полым цилиндром. Площадь сечения щелевого пространства равна $1,83 \text{ м}^2$. Во время дождя расход воды и уровень ее в подводящем канале увеличиваются, при этом вода в песколовке движется не только по щелевому пространству, но и внутри полого цилиндра, это обеспечивает постоянную скорость в песколовке.

Энгельберт обращает внимание на то, что песколовка города Бонн, благодаря прохождению через нее дождевой воды, позволяет смывать органические частицы, покрывающие осаждающийся в песколовке песок. В сухую погоду для предварительной промывки песка перед извлечением его из песколовки служит вода, подаваемая под напором в нижнюю конусную часть

¹ Engelbert. Die Kläranlage der Stadt Bonn.

песколовки. Для извлечения песка из песколовки использован сжатый воздух.

В трудах к V Всесоюзному Съезду Водоснабжения и Саятехники напечатан доклад М. М. Дворецкого о новых принципах улавливания песка из сточных вод.

Учитывая, что основная масса песка и других тяжелых веществ движется, главным образом, по дну, проф. Строганов предложил идею о сборе песка при помощи поперечной щели, устроенной в лотке коллектора.

Поставленные на Люберецких полях фильтрации опыты показали, что при обычных эксплуатационных скоростях в каналах щелевые песколовки (ширина щели в 7 и 11 см) вполне справляются с работой, задерживая от 53 до 96% песка и лишь незначительное количество органических осадков и тряпок. М. М. Дворецкий так описывает намечающуюся конструкцию щелевой песколовки. В канале или лотке делается поперечная щель, открывающаяся в приямок под лотком или трубой с круто наклоненным дном (рис. 14).

Приямок связан с резервуаром для сбора песка, откуда песок тем или иным способом поднимается на поверхность земли.

Размеры и оборудование щелевой песколовки во много раз меньше и проще обычных песколовки.

Отсутствие практического опыта в применении щелевых песколовки не дает возможности широко рекомендовать их, но идея, положенная в основу щелевых песколовки, вполне здоровая, требуется лишь разрешить вопросы эксплуатационного порядка: количество выпадающего песка, равномерность его выпадения, тип и конструкция подъемников.

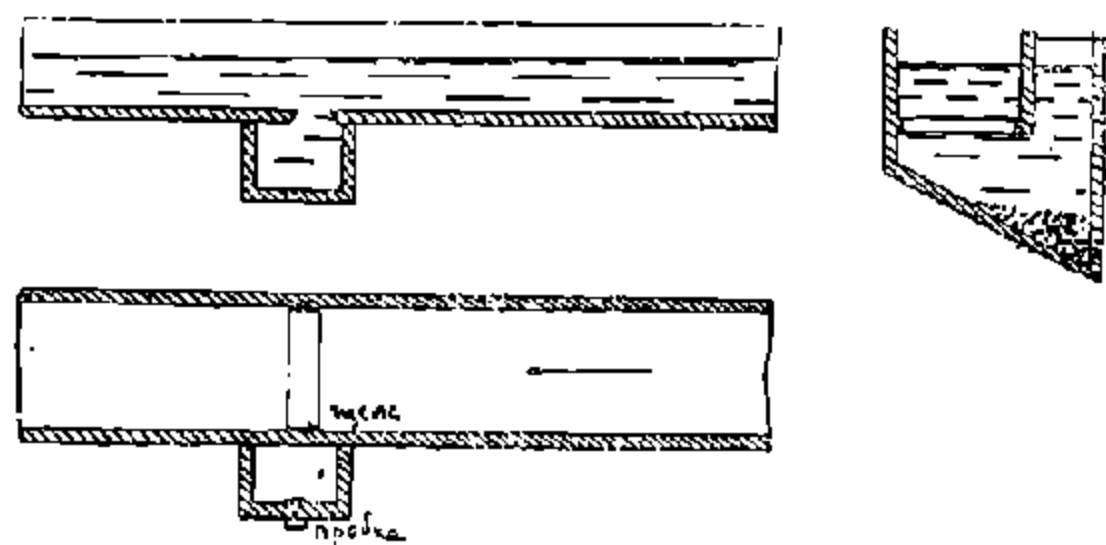


Рис. 14. Схема щелевой песколовки.

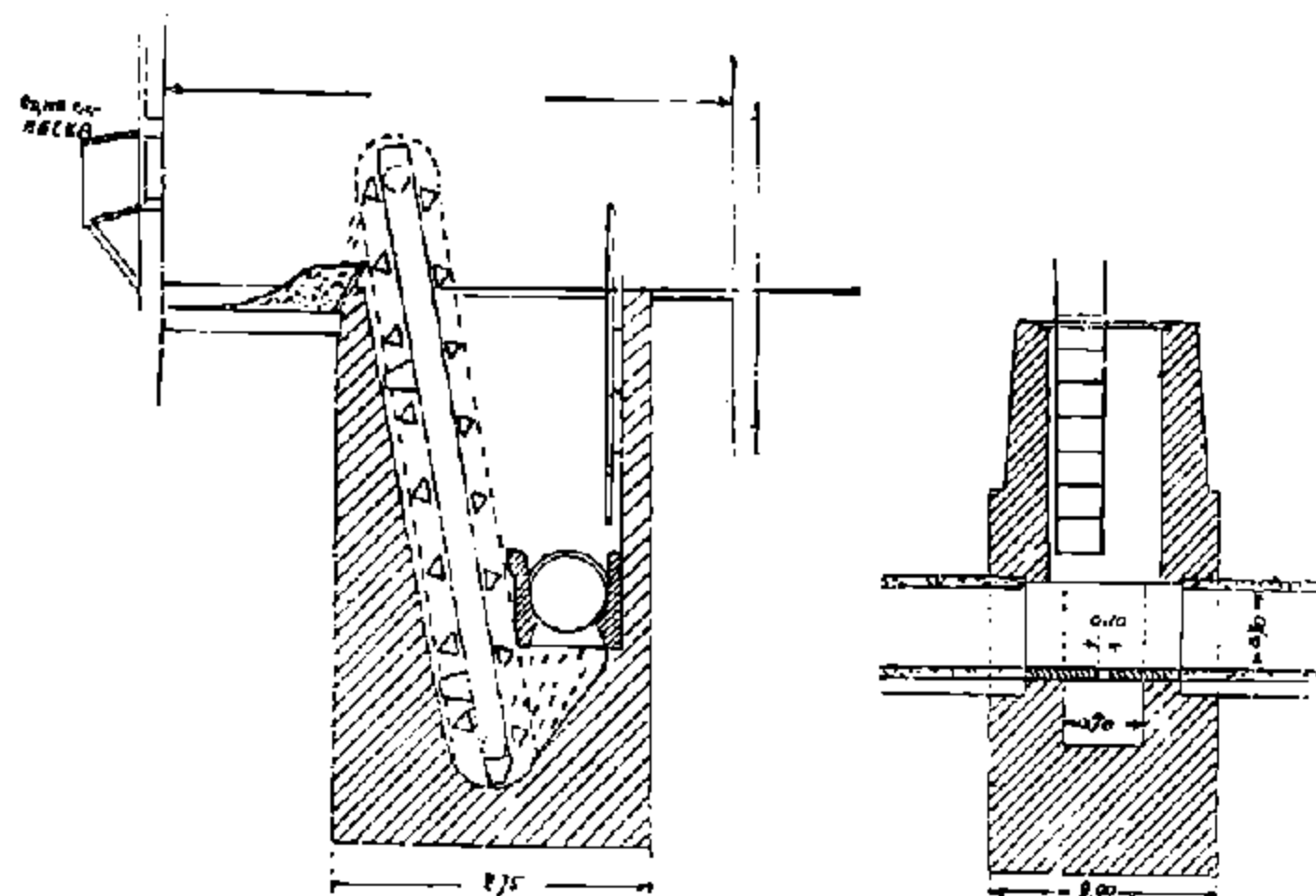


Рис. 15. Щелевая песколовка.

Располагают песколовки либо в одном здании с последующими за ними решетками, либо отдельно от них. В последнем случае часто даже без всякого здания.

Вопрос о расположении песколовки, а затем решеток не всегда решается в указанной нами последовательности. Часто решают задачу наоборот, раньше ставят решетки, а затем уже песколовку. Такое решение вносит затруднение в обслуживание решеток, так как камера перед решетками в этом случае работает частично как песколовка.

Количество выпадающего в песколовке песка зависит от системы канали-

Водоканалпроектом разработан проект щелевой песколовки для одного из подмосковных заводов.¹ На рис. 15 приведены два разреза щелевой песколовки.

Детали песколовки ясны из рисунка.

Новые типы песколовки запроектированы для очистных установок Московской канализации. На станции в Люберцах применен тип щелевой песколовки, на станции в Люблино — цилиндрической песколовки.

Песколовки устраивают из кирпича, бетона или камня.

¹ Балашов и Каганов, инженеры, Щелевая песколовка, журнал „Слесарь - водопроводчик“, 1935 г. № 9.

зации, характера замощения города, состояния общего благоустройства города, типа дждеприемников.

На основании имеющихся в нашем распоряжении данных это количество определяется в среднем от 10 до 20 л на 1000 человек в сутки.

Стоимость устройства песколовки колеблется в пределах от 0,5 до 1,5 руб. на м³ суточного количества сточных вод.

§ 7

ОЧИСТКА ПЕСКОЛОВОК

Рассмотрим способы очистки песколовок от осевшего песка.

Очистка горизонтальных песколовок может производиться в ручную, при помощи норий и грейфера.

При ручном способе очистки, подлежащую очистке камеру песколовки выключают из работы, для лучшей осушки песка устраивают на дне песколовки дренаж, который, по выключении песколовки из работы, включают в действие.

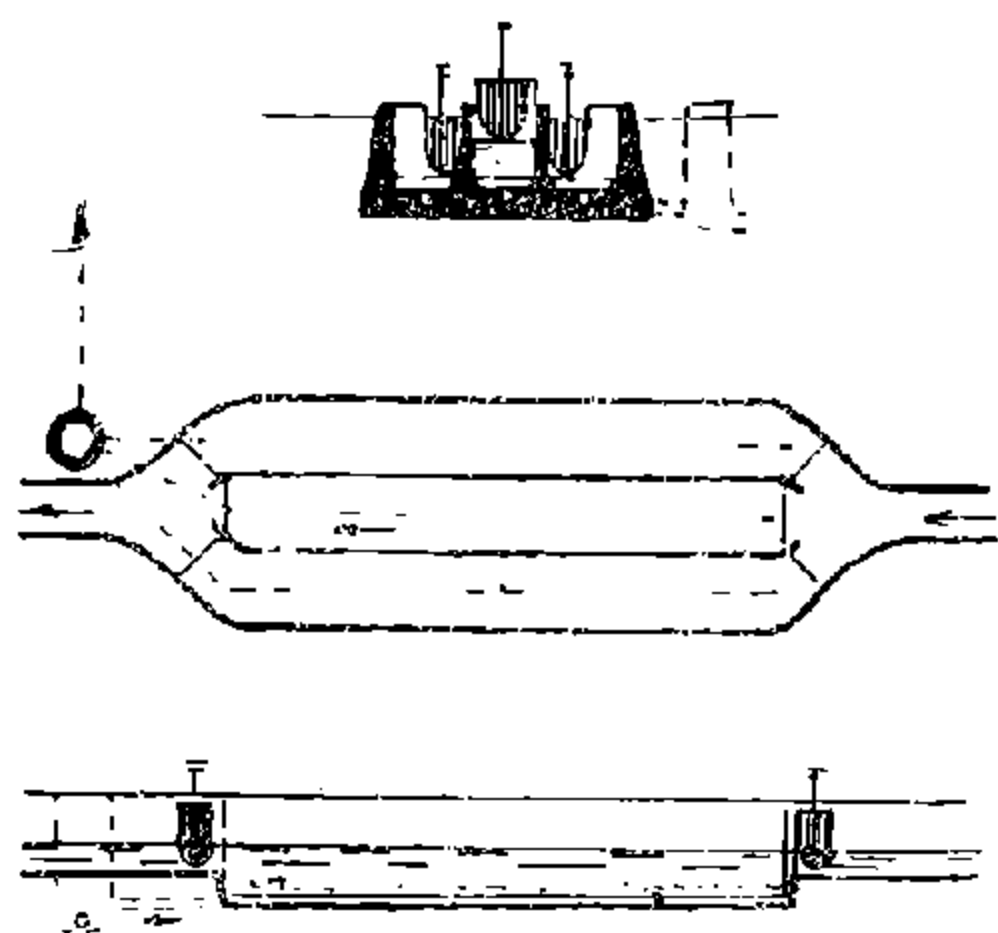


Рис. 16. Дренажированная песколовка.

Песок быстро сохнет и в ручную на-гружается в вагонетки, последние под'емным краном подаются на поверхность земли (если песколовка находится значительно ниже поверхности земли, вагонетки устанавливаются на бермах между камерами песколовки). По декавилевским путям на вагонетках песок отвозится на специально отведенные участки и там сравнительно быстро под действием солнечных лучей и кислорода воздуха обезвреживается.

На рисунке 16 представлен чертеж такой песколовки.

В основном осадок из песколовок состоит из минеральных частиц, покрытых тонким слоем органических веществ, составляющих от общего количества осадка около 10—15%. Темного, почти черного цвета, осадок быстро принимает нормальный для песка цвет.

Осветленный и обезвреженный песок может быть использован на подсыпки и пр.

При установке норий поперечному сечению песколовок в нижней их части придают трапециoidalное сечение, обеспечивающее сползание песка при сравнительно меньших, чем ширина камеры песколовки, размерах ковшей норий.

Для правильной очистки песколовки от песка при сравнительно большой длине горизонтальных песколовок и большом угле естественного откоса песка нории необходимо устанавливать на подвижных тележках, движущихся по рельсам вдоль песколовок.

Очистка песколовки может производиться нориями и без спуска из песколовки воды, остающейся над песком при выключении песколовки.

Песок из норий при помощи небольшого транспортера подается в вагонетки и доставляется к месту своего естественного обезвреживания.

При очистке песколовки грейфером последний подвешивается на тележке крана, дающего возможность передвижения в различных направлениях (вдоль и поперек камер песколовки).

Извлеченный грейфером песок подается на вагонетки.

При очистке вертикальных песколовок применяется грейфер. Так как вертикальные песколовки имеют бункера, где и собирается оседающий песок,

и бункера отдельных камер расположены рядом один с другим, то тележке грейфера необходимо дать лишь возможность движения в направлении поперек камер песколовок, чем значительно упрощается и удешевляется установка грейфера.

В вертикальных песколовках цилиндрического типа (Бохум, Бонн) применяют для под'ема песка, как это было указано в описании песколовок, сжатый воздух.

В горизонтальных песколовках системы Дорр (Dorrgesellschaft) песок особыми скребками подается в камеру, расположенную за песколовкой, из которой он и извлекается неподвижно установленными норями.

РЕШЕТКИ И СИТА

Для удержания плавающих и крупных взвешенных веществ из сточных вод применяют решетки и сита.

Основное различие между ними, как это ясно впрочем из самого наименования, в том, что в решетках мы имеем стержни, расположенные в одном направлении (вдоль потока), в то время, как сита представляют собою либо стержни, расположенные в двух взаимно перпендикулярных направлениях, либо металлическую поверхность, снабженную любой формы отверстиями.

Обычно прозоры в решетках бывают значительно больше, чем в ситах, и поэтому сита удерживают значительно больше плавающих и взвешенных частиц, чем решетки.

§ 8

РЕШЕТКИ. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Решетки по своей конструкции бывают двух типов: неподвижные и подвижные.

По расположению в плане обычно решетки устанавливаются нормально к направлению оси основного потока. Бывают и исключения: так, в Московской канализации решетки поставлены в камерах, расположенных под углом в 90°

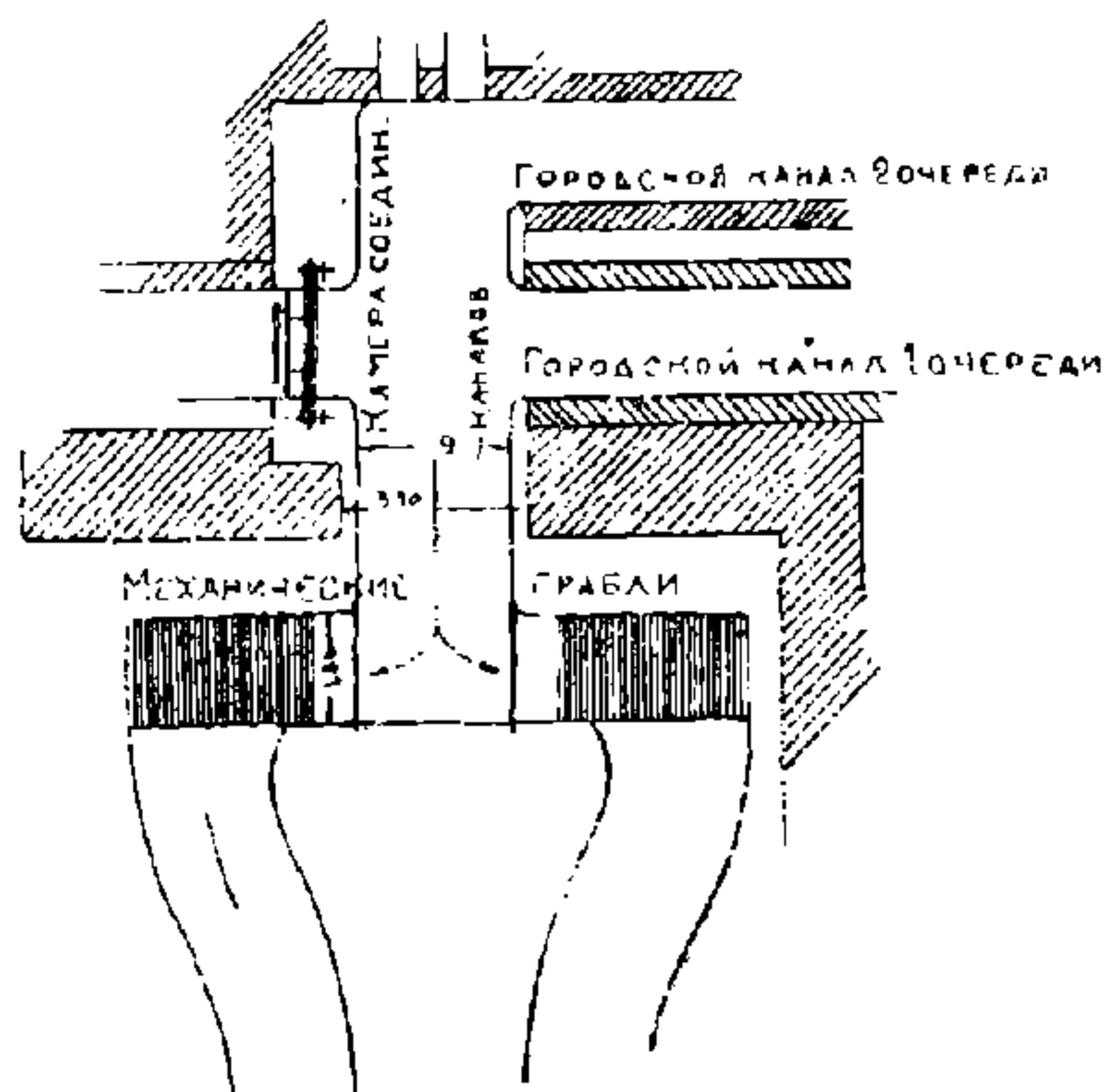


Рис. 17. Камера решеток Московской канализации.

по направлению к оси подходящего к решеткам основного канала (рис. 17).

В продольном разрезе решетки имеют либо форму прямой, наклонной под тем или иным углом к горизонту, либо криволинейное очертание (решетка на Главной Московской насосной станции), реже они устанавливаются вертикально.

Наклон решетки вызывается с одной стороны удобством ее очистки, с другой — увеличением живого сечения решетки, что ведет к уменьшению потерь напора при прохождении сточной воды сквозь решетки.

Неподвижные решетки наиболее часто устраиваются из металлических стержней прямоугольной формы, хотя, с точки зрения гидравлической, специальные профили стержней значительно более выгодны.

Ниже приведены формы стержней, могущие быть примененными в канализационных решетках (рис. 18).

По расстоянию между стержнями решетки делятся на грубые решетки и тонкие решетки.

Грубые решетки устанавливаются перед тонкими решетками или ситами с целью предохранения их от больших плавающих предметов, могущих их повредить (большие куски дерева, трупы животных и пр.). Расстояние между стержнями грубых решеток изменяется в пределах от 50 до 100 мм.

В тонких решетках расстояние это обычно не превышает 25 мм.

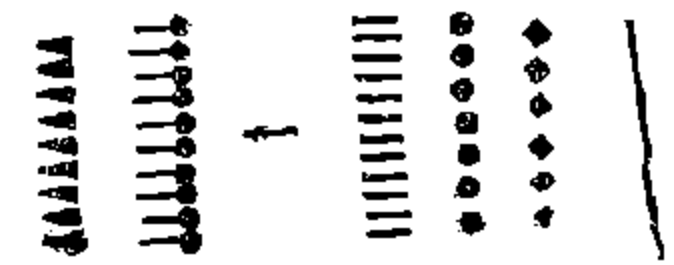


Рис. 18. Поперечные сечения стержней решеток.

§ 9

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ РЕШЕТОК

Гидравлический расчет решеток сводится к определению потерь напора при прохождении сточной воды сквозь решетку. Потеря напора состоит из потерь напора на вход в прозоры решетки и потерь напора на выход воды за пределы решетки.

На рисунках 19 и 20 изображена схема решетки в разрезе и плане.

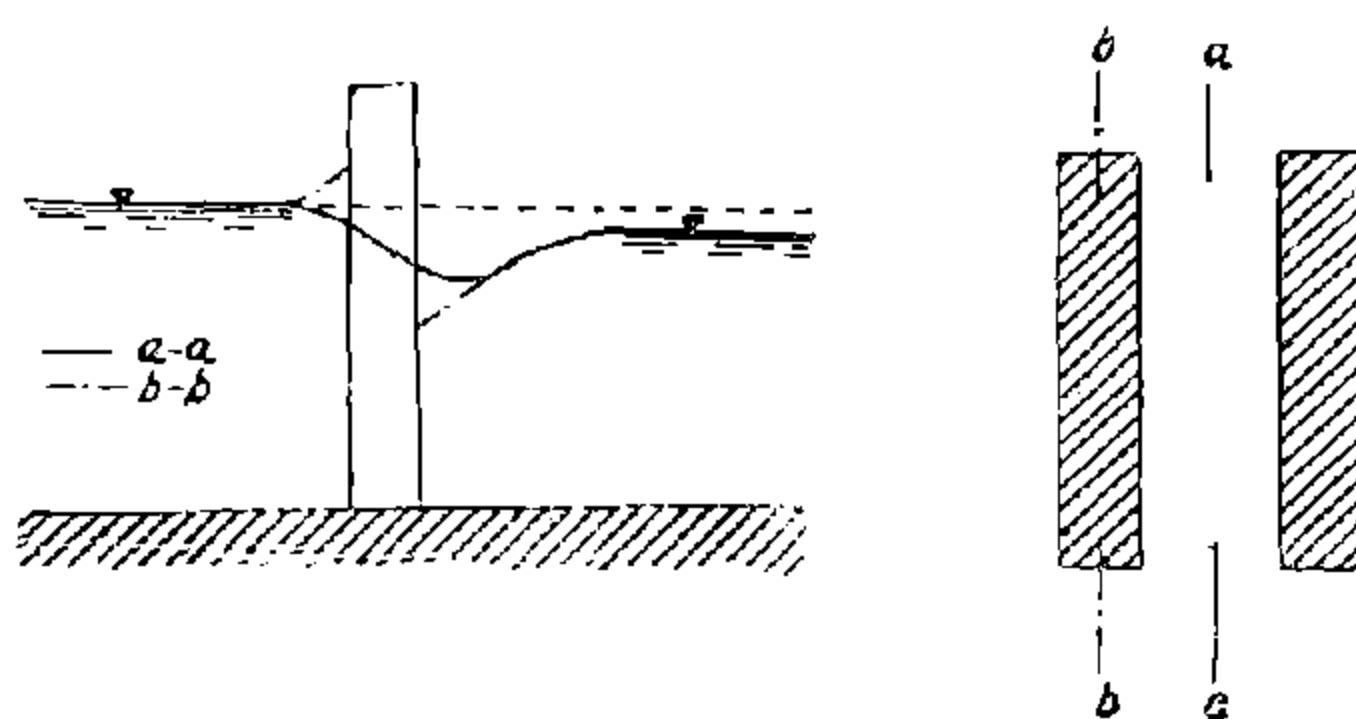


Рис. 19. Схема решетки. Разрез.

Рис. 20. Схема решетки. План.

Ширина канала до и после решетки обычно бывает одинаковой: $B_1 = B_2$. Во избежание кривой подпора перед решеткой, что связано с возможным заилением канала, дно канала за решеткой желательно понижать на высоту, соответствующую потере напора при прохождении сточной воды через решетку.

Тогда скорости в канале до и после решетки будут равны

$$V_1 = V_2.$$

Скорость воды в пределах решетки может быть определена исходя из следующих соотношений.

Если расход сточной воды $Q \text{ м}^3/\text{с}$, ширина между стержнями решетки $b \text{ м}$, толщина отдельных стержней $\delta \text{ м}$, число их n , а угол наклона решетки к горизонту α , то

$$Q = \omega_p \cdot v_p = \frac{b(n+1)h}{V \sin \alpha} V_p,$$

откуда

$$V_p = \frac{Q \sqrt{\sin \alpha}}{b(n+1) \cdot h}.$$

Исходя из геометрических соотношений следовало ввести в формулу $\sin \alpha$, а не $\sqrt{\sin \alpha}$; однако, опытные данные, о коих речь ниже, позволяют внести соответствующий корректив.

Потеря напора на вход определяется по формуле Вейсбаха (Veysbach)

$$h_{\text{вх}} = \xi_{\text{вх}} \frac{V_p^2}{2g},$$

где коэффициент сопротивления ξ_{ex} зависит от формы очертания стержней, от расстояния между стержнями и размеров самих стержней.

При прямоугольном очертании стержней ξ_{ex} может быть определено исходя из соотношения живых сечений канала и решетки, пользуясь приведенными для ξ_{ex} значениями в гидравлическом справочнике академика Павловского:

$$\frac{\omega_p}{\omega_x} = \frac{b(n+1)}{snaB} = 0,01 \quad 0,1 \quad 0,2 \quad 0,4 \quad 0,6 \quad 0,8 \quad 1,0$$

$$\xi_{ex} = 0,5 \quad 0,5 \quad 0,42 \quad 0,34 \quad 0,25 \quad 0,15 \quad 0,0$$

Потери при выходе воды из решетки могут быть определены по формуле Борда-Карно:

$$h_{wвых} = \varphi \frac{(V_p - V_1)^2}{2g}$$

где φ — коэффициент, зависящий от очертания обратной стороны стержней.

Итак, общая потеря напора $h_w = h_{wвх} + h_{wвых}$.

Для вертикально расположенных стержней различной формы в условиях чистой воды потери напора были определены экспериментально инж. О. Киршмером (O. Kirschmer) в Гидравлическом Институте в г. Мюнхене.¹

В качестве иллюстрации приведем на рис. 21 результаты исследования инж. Киршмера.

Пользуясь данными исследования, инж. Киршмер предлагает для определения потерь напора в вертикально поставленных решетках формулу

$$h_w = \beta \left(\frac{\delta}{b} \right)^{4/3} \frac{V_1^2}{2g},$$

где β — коэффициент, зависящий от формы стержней, δ — толщина стержня,

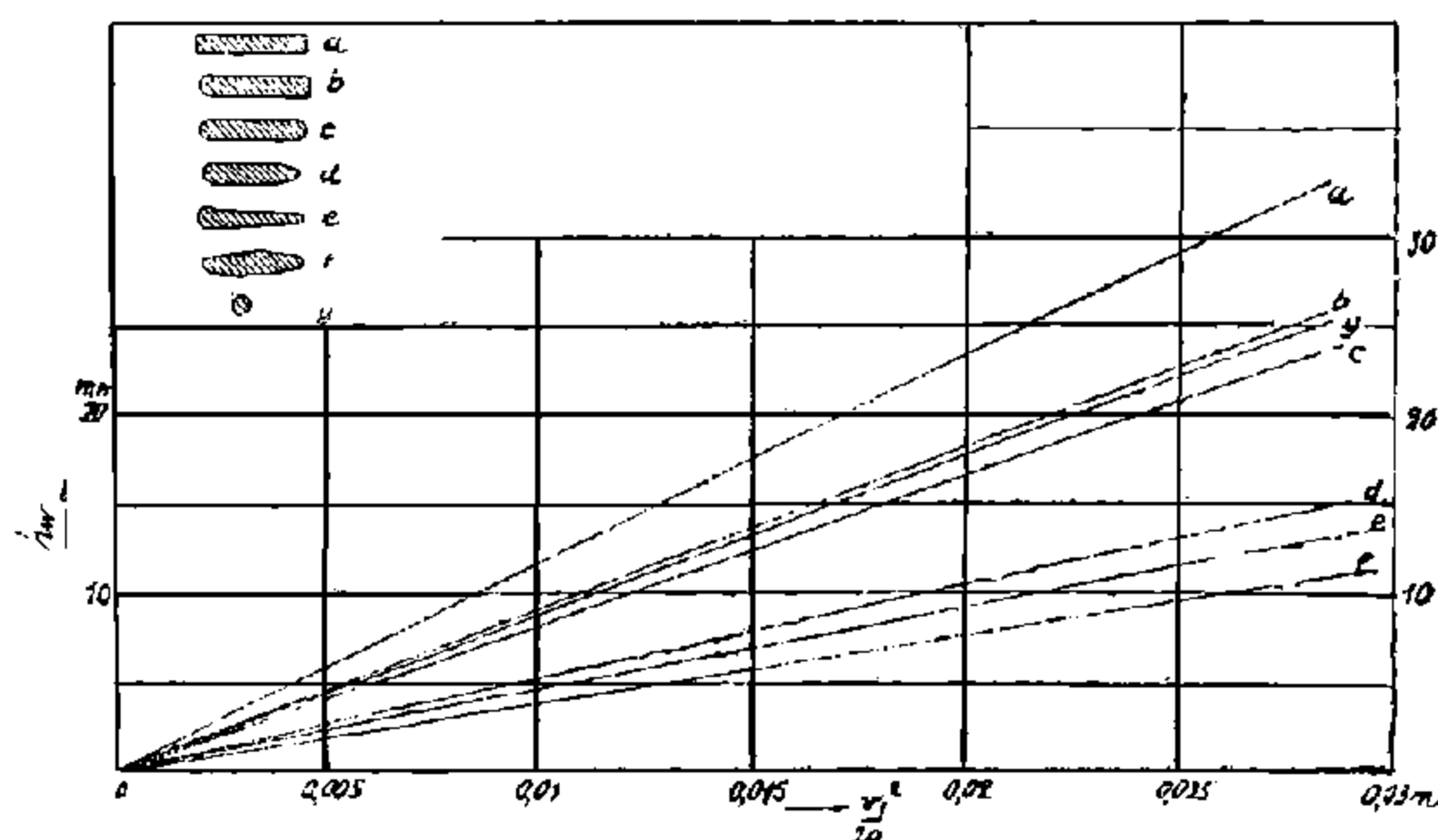


Рис. 21. Зависимость потери напора от формы поперечного сечения стержней решетки.

b — расстояние между стержнями,
 V_1 — скорость в канале до и после решетки.

По Киршмеру величины β следующие (рис. 22).

С практической точки зрения применение стержней по профилям d , e и f обходится дороже, чем стержней b и c , легко получаемых из прямоугольного стержня формы a . Круглые стержни мало употребительны из-за сравнительной затруднительности очистки решеток из них, так как наиболее узкое сечение решетки получается на некоторой глубине от наружной поверхности ее.

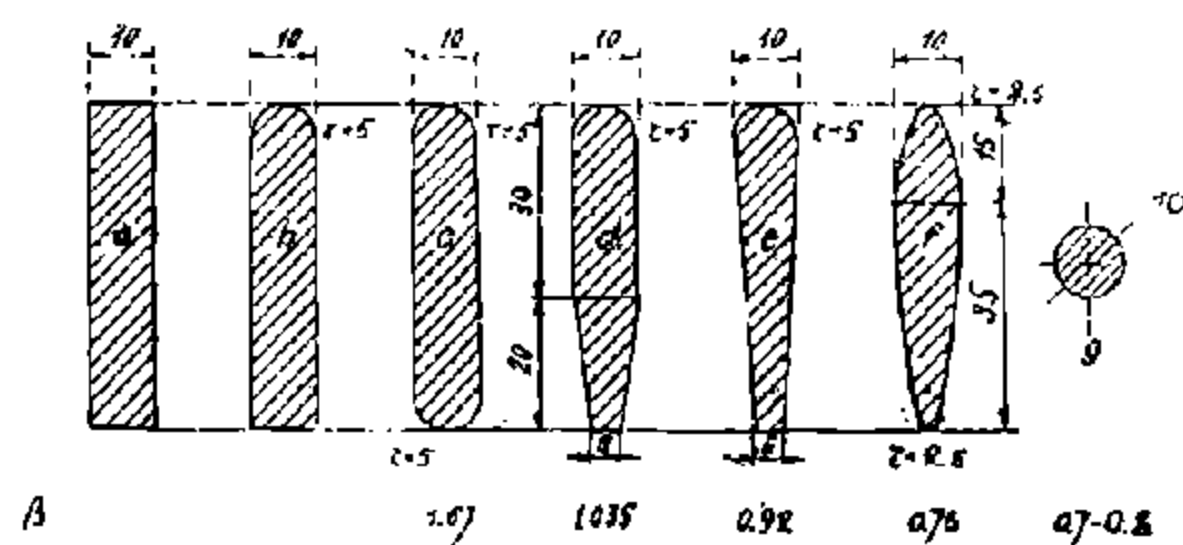


Рис. 22. Значения величины β по Киршмеру.

¹ Kirschmer O., Mitteilungen des Hydraulischen Instituts der Technischen Hochschule München, Heft 1, 1928.

Влияние угла наклона решеток по Киршмеру определяется нижеследующим графиком, изображенным на рисунке 23.

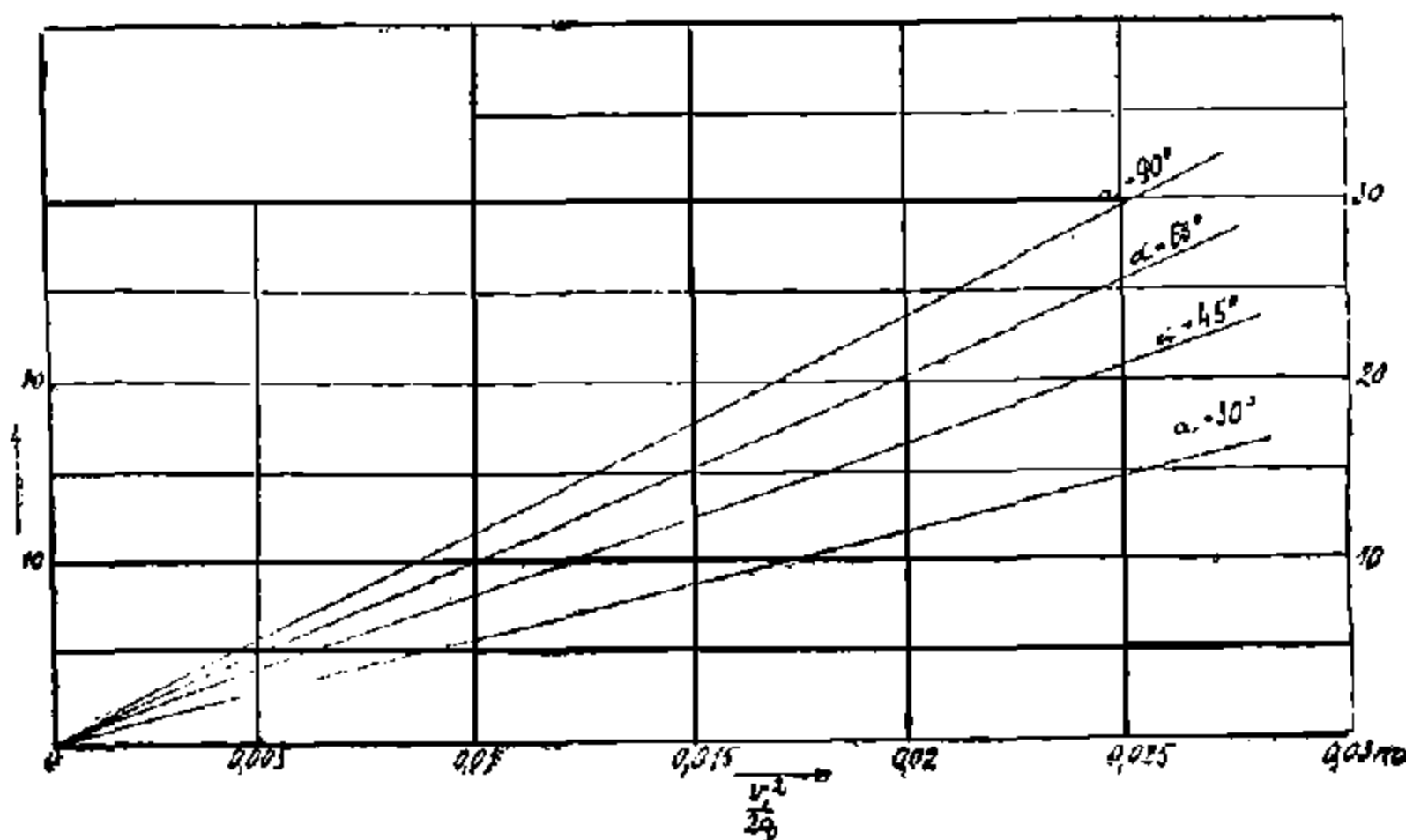


Рис. 23. Зависимость потери напора от угла наклона решетки.

При $\frac{V_1^2}{2g} = 0,025 \text{ м}$,

и угле $\alpha = 90^\circ$	60°	45°	30°
$h_w = 0,30$	0,26	0,21	0,15

что соответствует изменению величины $\sin \alpha$; действительно,

$\sin \alpha$	1,0	0,867	0,707	0,5
---------------	-----	-------	-------	-----

а если взять 30% от этих величин, то получим

0,30	0,26	0,21	0,15,
------	------	------	-------

т. е. по опытным данным потери напора пропорциональны не $\sin^2 \alpha$, а только $\sin \alpha$.

Приведенные данные результатов исследования позволяют внести в формулу скорости воды в пределах решетки соответствующий корректив и написать не $\sin \alpha$, а $\sqrt{\sin \alpha}$.

В заключение рассмотрения работы Киршмера приведем рис. 24, показывающий картину свободной поверхности воды при прохождении ее через решетку.

Расчет решеток производят обычно на средний и максимальный секундные расходы и учитывают соответствующие им потери напора.

Количество устанавливаемых решеток, а следовательно и камер для них, обычно бывает не меньше двух, причем обе эти решетки являются рабочими.

Устраивать на случай ремонта и пр. специально запасную решетку нет никаких оснований, так как расчетный максимальный расход бывает всего в течение одного—двух часов в сутки, да и то в конце расчетного периода.

В случае совпадения максимального расхода с периодом осмотра или ремонта одной из решеток вся сточная вода направляется через вторую из них, что временно вызывает излишние потери напора перед решеткой и сможет создать кривую подпора в канале.

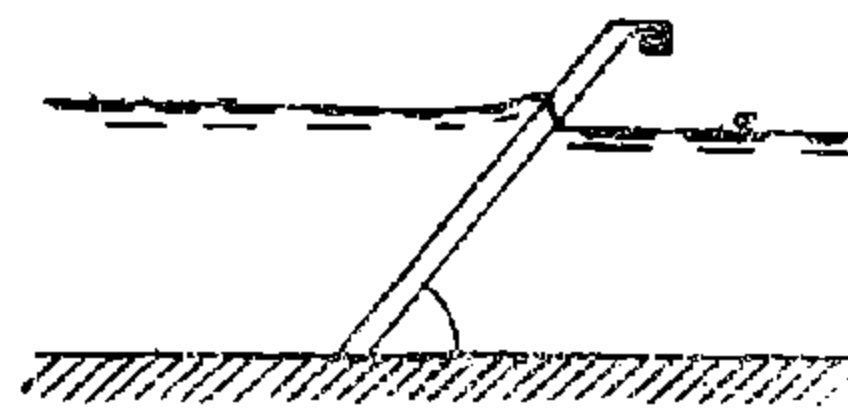


Рис. 24. Картина свободной поверхности воды у решетки.

Необходимость установки не менее двух решеток настолько ясна, что не требует особых пояснений.

Пример. Определить подпор в канале, создаваемый неподвижными решетками при следующих условиях: суточное количество сточных вод 40000 м^3 , коэффициент неравномерности 1,5, глубина воды в канале при среднем расходе 0,5 м, при максимальном 0,7 м.

Проектируем две камеры решеток, ширина каждой из камер $B = 0,90 \text{ м}$, ширина самой решетки $b_p = 0,70 \text{ м}$. Стержни прямоугольной формы, $\delta = 10 \text{ мм}$, расстояние между стержнями $b = 20 \text{ мм}$, угол наклона решетки $\alpha = 70^\circ$.

Скорость в канале при среднем расходе

$$V_p = \frac{Q}{86400 \times 2 \times 5 \times 0,9} = \frac{40000}{86400 \times 2 \times 0,5 \times 0,9} = 0,516 \text{ м/с};$$

тогда

$$h_{wcp} = \beta \left(\frac{S}{b} \right)^{4/3} \frac{V_{cp}^2}{2g};$$

β по Киршмеру равно для прямоугольных стержней 2,42:

$$h_{wcp} = 2,42 \left(\frac{10}{20} \right)^{4/3} \frac{0,516^2}{19,62} = 0,013 \text{ м} = 1,3 \text{ см}.$$

Полученную величину нужно исправить за счет наклона решетки, $\alpha = 70^\circ$, $\sin \alpha = 0,94$ (найденно путем интерполяции), следовательно,

$$h_{wcp} = 1,3 \times 0,94 = 1,2 \text{ см}.$$

Определяем величину подпора при Q_{max}

$$V_{max} = \frac{Q \times 1,5}{86400 \times 2 \times 0,7 \times 0,9} = \frac{40000 \times 1,5}{86400 \times 2 \times 0,7 \times 0,9} = 0,55 \text{ м/с},$$

$$h_{wmax} = \beta \left(\frac{S}{b} \right)^{4/3} \frac{V_{max}^2}{2g} = 2,42 \left(\frac{10}{20} \right)^{4/3} \frac{0,55^2}{19,62} = 0,015 \text{ м} = 1,5 \text{ см},$$

а со введением поправочного коэффициента — 0,94, получим

$$h_w = 1,5 \times 0,94 = 1,4 \text{ см}.$$

§ 10

НЕПОДВИЖНЫЕ РЕШЕТКИ

Перейдем к рассмотрению типов и конструкций решеток. Начнем с неподвижных решеток.

Самой простой из них является неподвижная решетка, устанавливаемая в канале, под углом в $60^\circ - 70^\circ$ к горизонту, и очищаемая в ручную граблями.

Такие решетки целесообразно применять исключительно на малых установках.

В качестве примера приведем установленную на канализации Куяльницкого лимана (Одесса) неподвижную решетку, очищаемую ручными граблями (рис 25).

В более крупных установках необходима замена ручной очистки решеток механизированными граблями, типов и конструкций которых чрезвычайно много.

На рис. 26 представлена решетка, очищаемая подвижными щетками, системы Гайгер (Geiger, Karlsruhe, Baden)¹.

На рис. 27 представлена решетка, очищаемая автоматически при помощи особой гребенки (скребка) фирмы Дорр.

Решетка состоит из неподвижных стержней и подвижного механизма. Стержни поставлены под углом в 60° к горизонту. Расстояние между стержнями зависит от состава сточных вод и назначения решеток. Непосредственно перед решеткой, на перекрытии над каналом, установлен механизм для очистки решеток, состоящий из двух подвижных параллельных стержней, соединенных в конце пластинкой с зубьями.

При подеме пластинки зубья входят в прозоры решеток и поднимают отбросы вверх. Помощью неподвижного скребка и отхода пластинки с зубьями

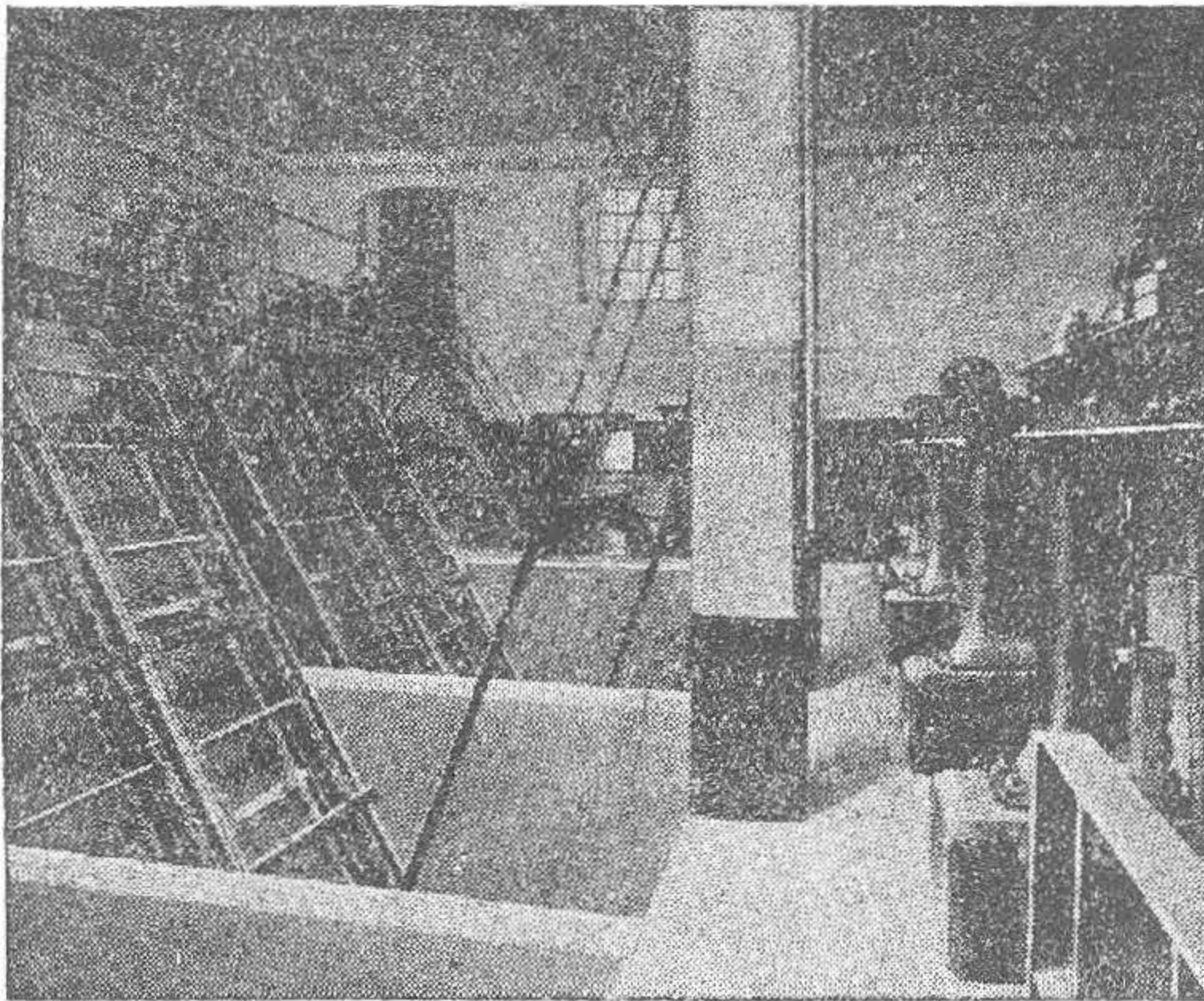


Рис. 26. Неподвижная решетка системы Гайгер.

установлены и у нас в Москве (1896 г.), в Одессе (1926).

Приведем описание решеток, установленных в Одессе.

В общем зале здания для решеток установлены две пары неподвижных решеток с подвижными граблями для механической очистки задержанных на решетках плавающих и крупных взвешенных предметов.

Первая пара решеток установлена для очистки городских сточных вод, вторая пара — для сточных вод Пересыпи (пригород Одессы).

Ниже мы приводим рисунки (29 и 30) плана здания решеток и разрез по решетке городского стока.

Ширина камер решетки $B = 2,0$ м. Угол наклона решеток к горизонту $\alpha = 70^\circ$. Ширина самой решетки $b_p = 1,55$ м.

Прозоры между прутьями решетки 20 мм. Число прутьев 53. Размеры прутьев 15×46 мм. Высота решетки $H = 2,5$ м.

Цепи „Шоца“, на которых подвешены грабли, движутся по 3-м направляющим шестерням, из которых нижняя шестерня укреплена на особой ферме, вращающейся на оси, что позволяет приподнимать нижнюю шестерню при обрыве цепей или необходимом ремонте.

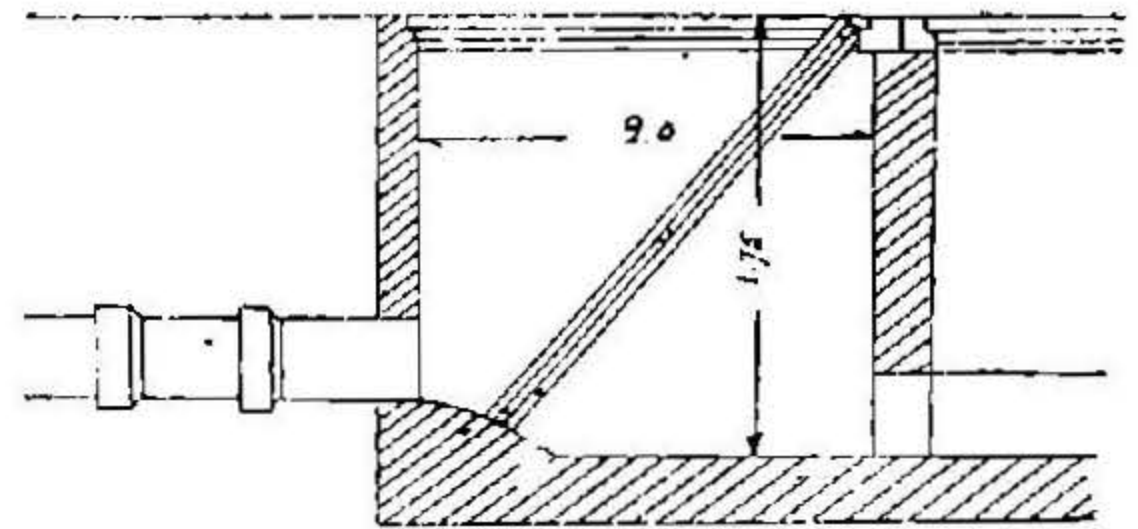


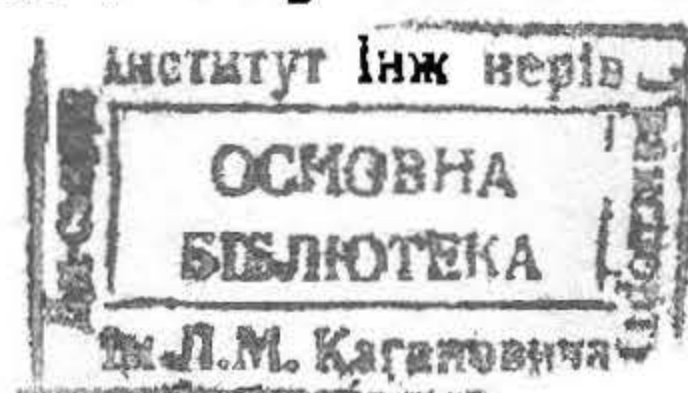
Рис. 25. Неподвижная решетка.

в горизонтальном направлении отбросы сбрасываются в особый лоток, откуда они вручную или также механически могут удаляться. Движение вниз зубья совершают вне решетки.

Наиболее распространенным типом неподвижных решеток с подвижными граблями (зубьями для очистки) являются решетки, примененные в Манчестере, Клиши и др. городах. Схема очистки этого типа решеток ясна из рисунка 28.

Такого типа решетки

¹ Geigerische Fabrik-Sonderkatalog über Einrichtungen für Kläranlagen.



33
УДУНТ
(ДИТ)

Число граблей $n = 6$, с расстоянием между граблями в 1,9 м. Скорость движения граблей 5,6 м/мин.

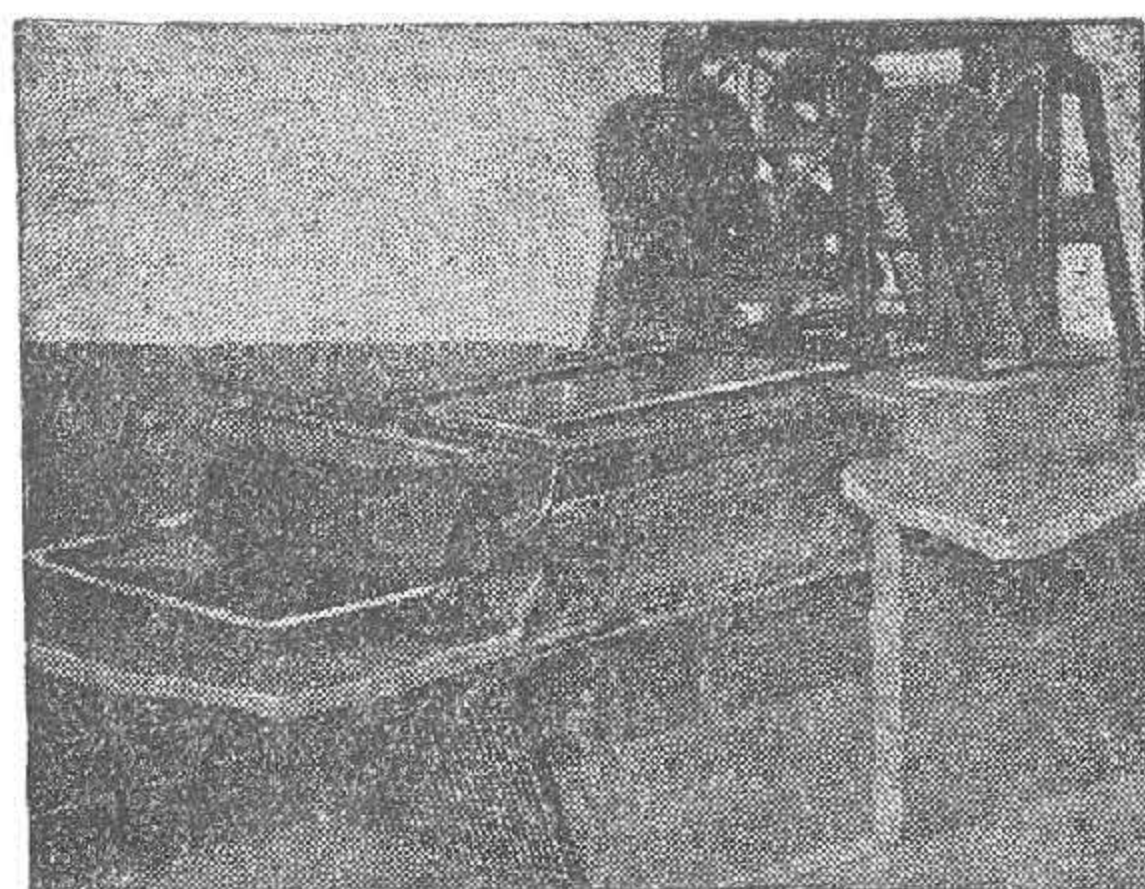


Рис. 27. Неподвижная решетка системы Дорр.

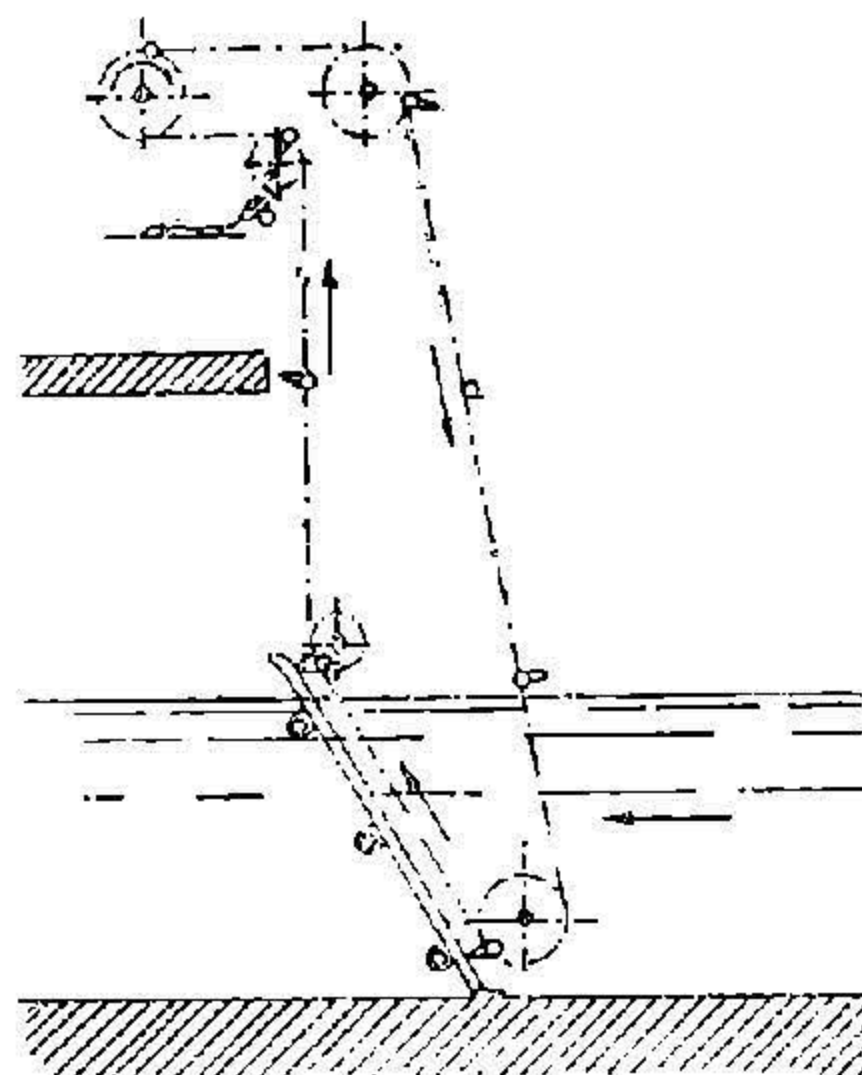


Рис. 28. Схема очистки неподвижной решетки подвижными граблями.

Грабли прикреплены к решеткам при помощи особых „параллелограмов“, дающих возможность граблям при повороте цепей в горизонтальное положение опрокидываться и освобождаться от задержанных на решетках и снятых ими плавающих веществ.

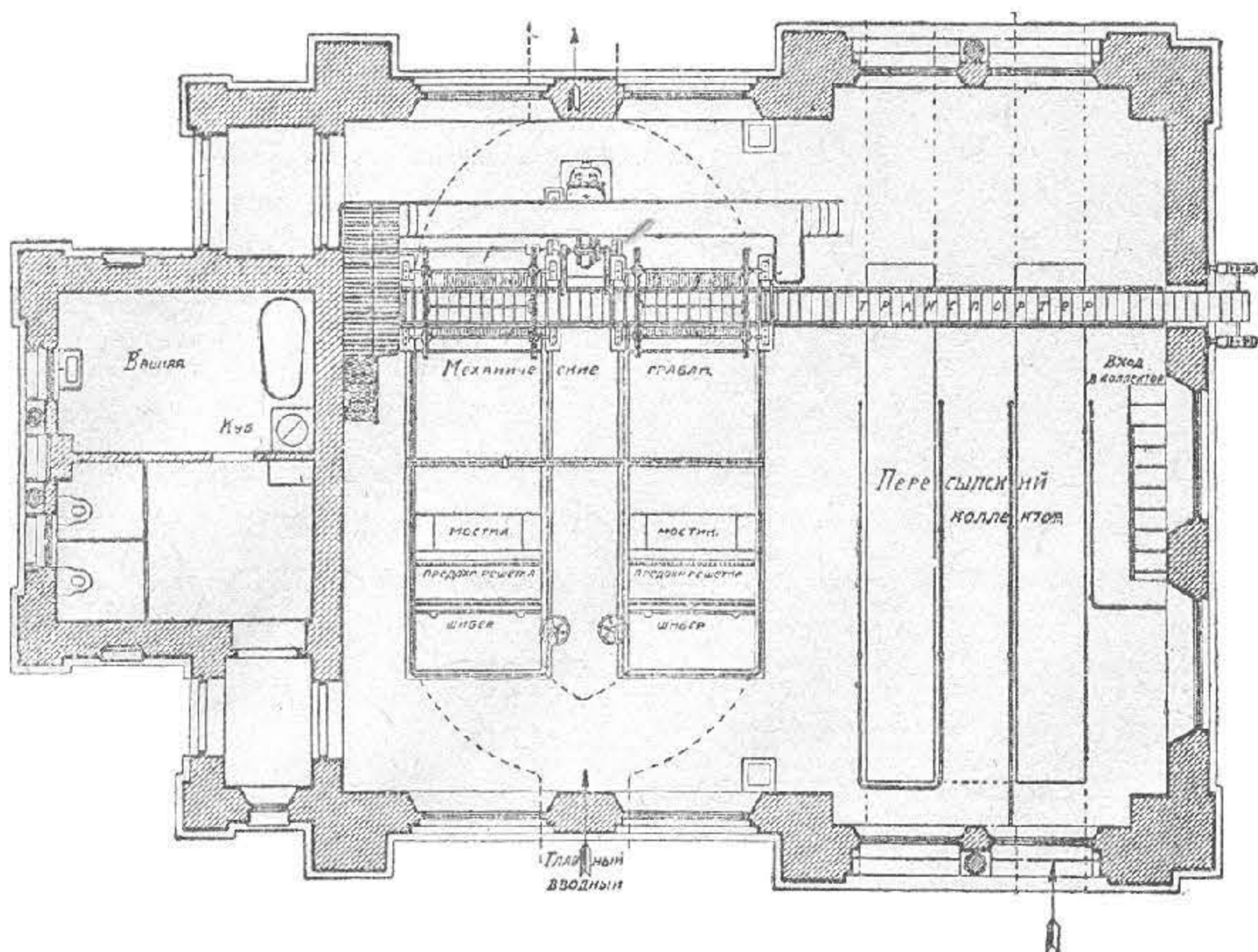


Рис. 29. План здания решеток (Одесса).

Сбрасываемые с граблей предметы попадают на горизонтальный ленточный транспортер из листовой меди и выносятся последним в особую пристройку, где устанавливается колымага, в которую и попадают выловленные транспортером выловленные предметы, в основном состоящие из остатков пищи, бумаги, листьев, веток, тряпья и пр.

Количество их определяется в 10—12 т при суточном расходе сточных вод в 40-50000 м³.

Для приведения в действие граблей для двух пар решеток и ленточного транспортера, общего для всех решеток, установлен электромотор в 3,7 киловатт.

На фотографии (рис. 31) представлен внутренний вид здания для решеток.

Решетки с механическими граблями для городского стока и общим транспортером были изготовлены в 1926 году на Одесском заводе им. А. Марти, причем стоимость их составила 18000 рублей.

В 1935 году в Москве запроектированы для ряда очистных станций неподвижные решетки с подвижными граблями по типу американской фирмы Жеффрай (Jeffrey).

Основная особенность решетки типа Жеффрай в том, что цепь, поддерживающая грабли, движется по специально изогнутой раме, позволяющей

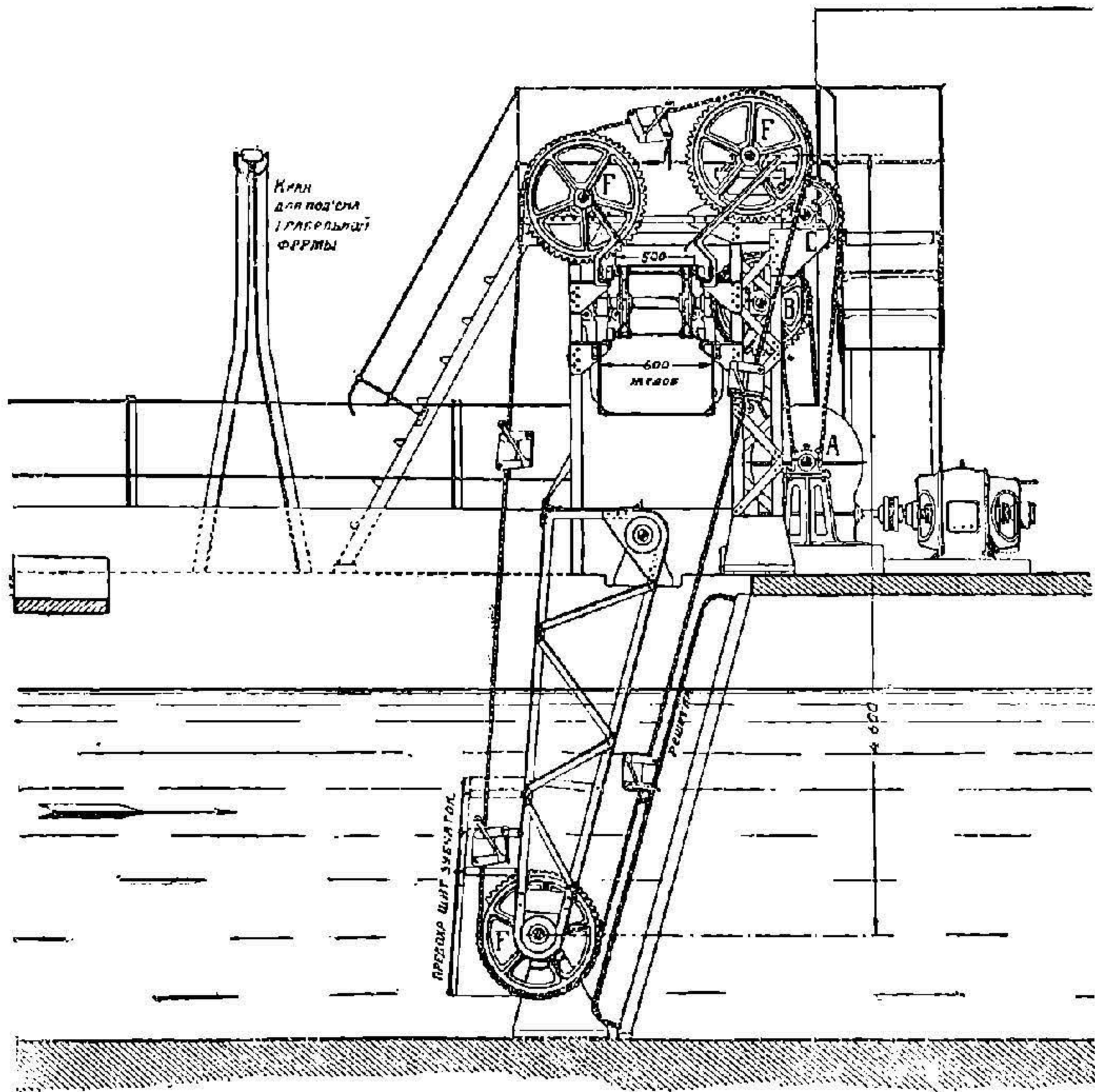


Рис. 30. Разрез по решетке (Одесса).

сбрасывать мусор, извлеченный граблями, не над площадкой обслуживания решетки, а под ней. Последнее обстоятельство позволяет значительно уменьшить высоту здания для решетки.

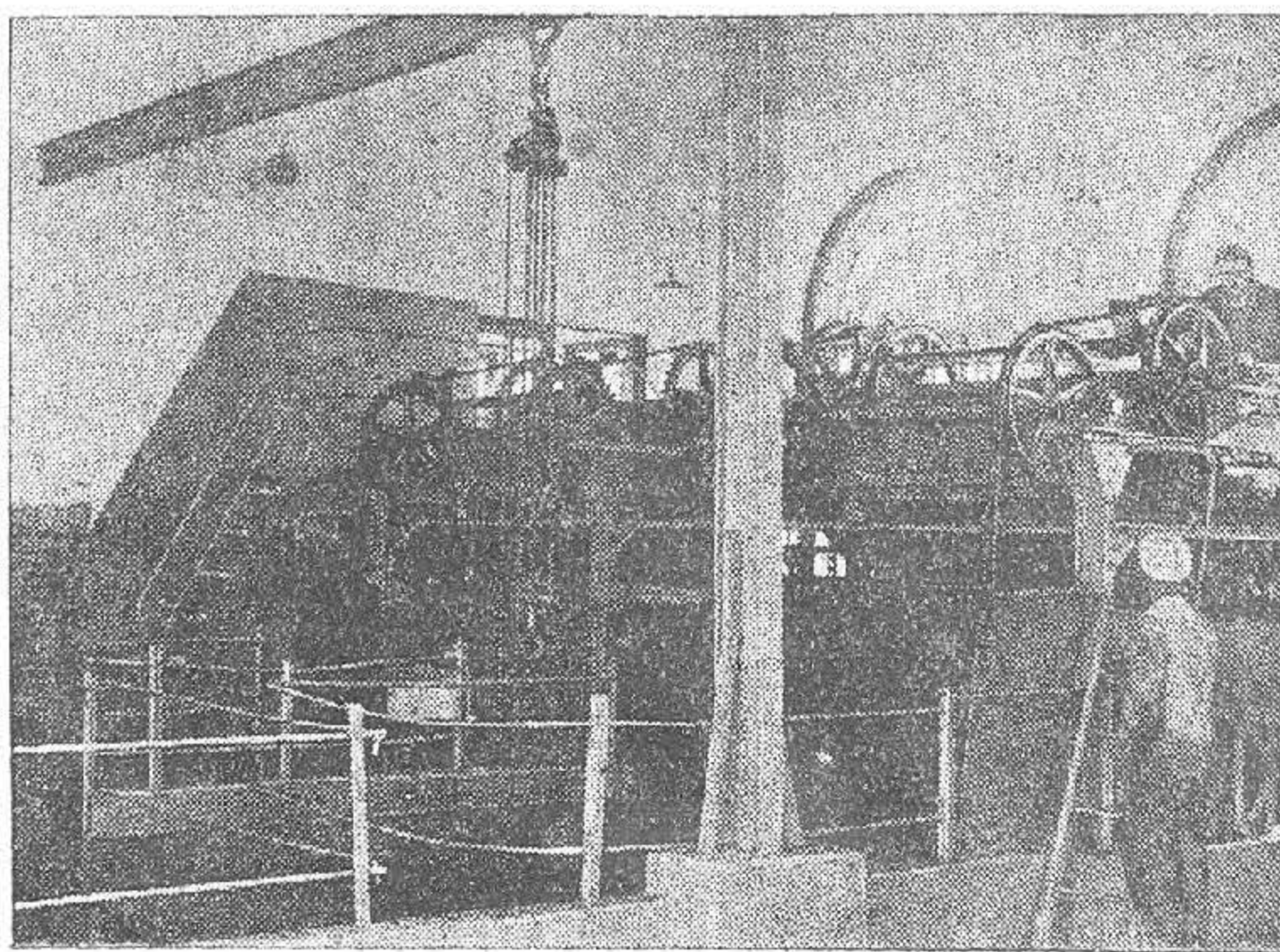


Рис. 31. Внутренний вид здания для решеток (Одесса).

На рисунке 32 представлена фотография установки подвижного механизма решетки типа Жеффрай.

Недостатком неподвижных решеток является то, что решетки находятся постоянно под водой, и полная очистка их несколько затруднительна. Практика наша, правда, показала, что затруднения эти сравнительно невелики.

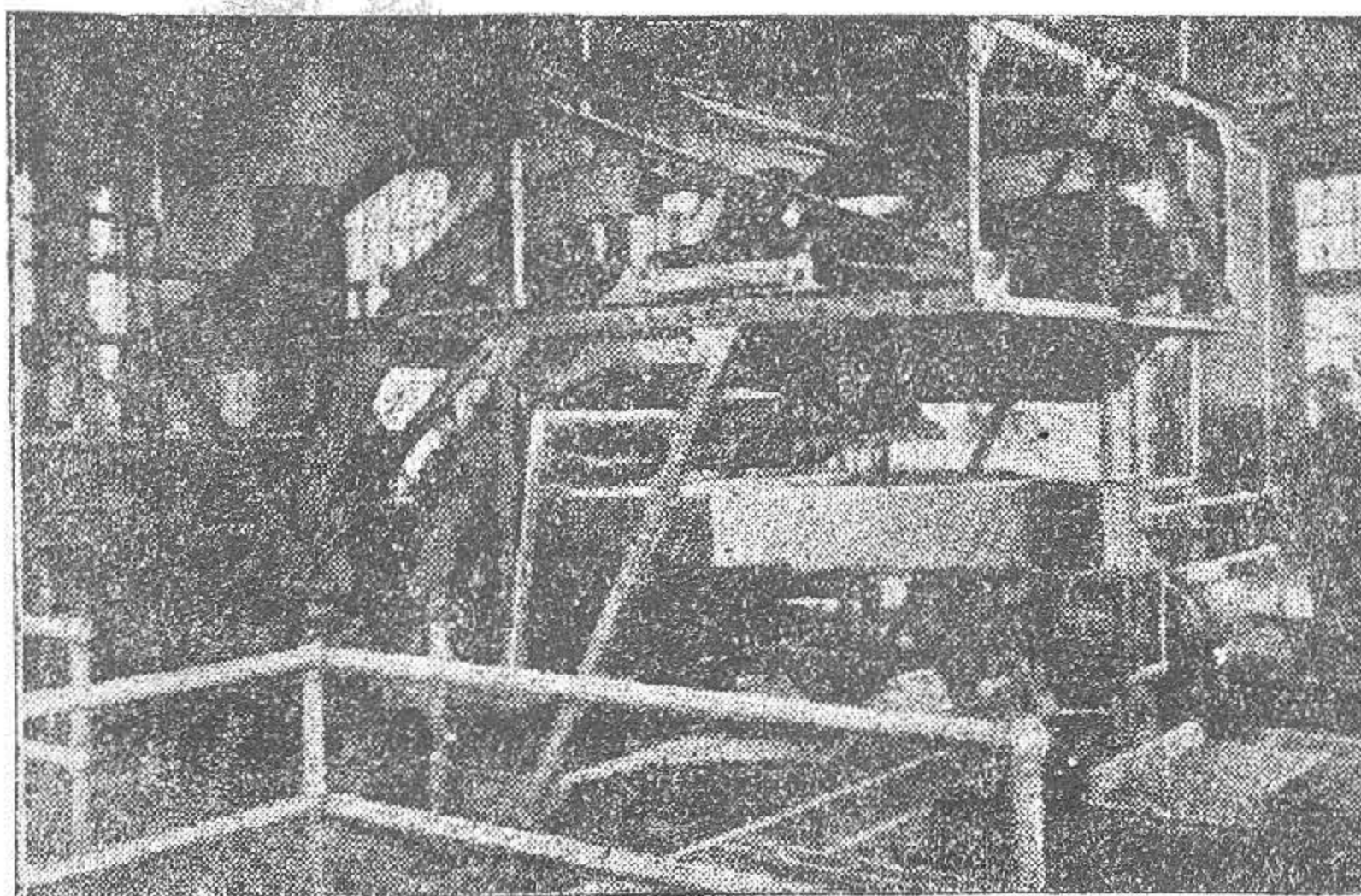


Рис. 32. Механизм решетки типа Жеффрай.

§ 11

ПОДВИЖНЫЕ РЕШЕТКИ

Подвижные решетки представляют собою соответственный этап развития неподвижных решеток.

Наиболее простой тип подвижной решетки — это с'емные решетки, извлекаемые из воды для их очистки. Решетки эти применяются в небольших установках, причем в канале устанавливаются пазы для двух, следующих одна за другой, решеток. Во время нормальной работы таких решеток в опущенном виде находится лишь одна из решеток, перед очисткой ее опускается вторая и только тогда извлекается вверх первая, загрязненная отбросами, решетка.

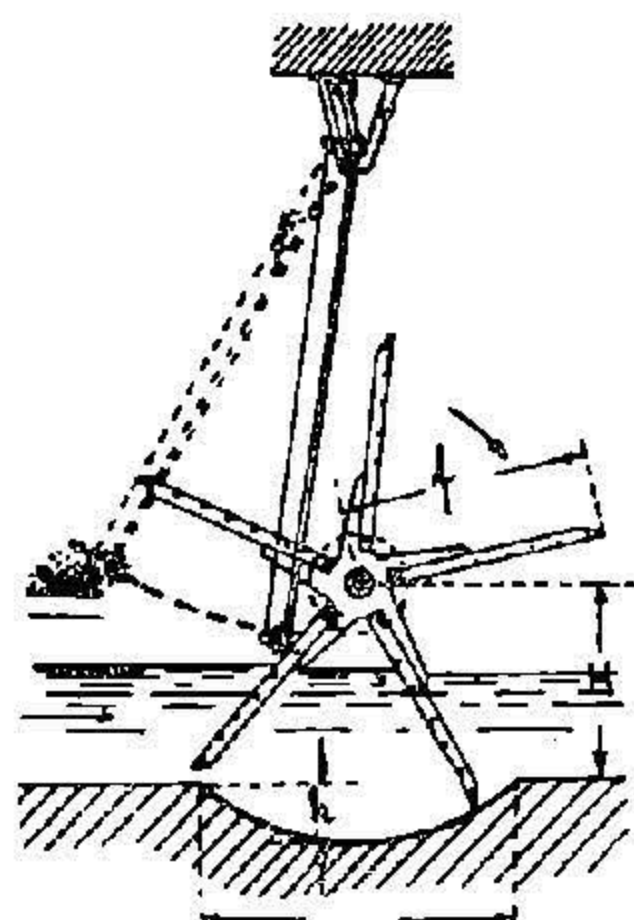


Рис. 33. Крыльчатая решетка

Неудобство под'ема этого типа решеток заставило перейти к типу вращающихся решеток, так называемых крыльчатых решеток.

Схема такой крыльчатой решетки показана на рисунке 33.

Решетка состоит из пяти крыльев, вращающихся вокруг горизонтальной оси в направлении обратном движению сточной воды. Количество крыльев может быть и иное. Однако, требование, чтобы сточная вода обязательно проходила бы через решетку, ставит предел числу этих крыльев. Нецелесообразно уменьшать число крыльев ниже пяти, так как это вызывает необходимость в большем углублении лотка под решеткой, лоток же этот является слабым местом этого типа решеток, так как в силу уменьшения скорости над лотком в последнем начинают оседать из сточной воды наиболее крупные взвешенные или переносимые по дну частицы. Заиливание лотка ведет к затруднительности эксплуатации крыльчатых решеток.

Ось вращения крыльчатой решетки должна быть расположена над поверхностью воды для возможности очистки решеток. Увеличение числа крыльев сверх шести вызывает излишнюю сложность конструкции решеток.

Очистка решетки производится либо в ручную граблями, либо при помощи

подвешенных над решеткой механизированных грабель, как это показано на рис. 33.

Отбросы подаются с решетки в рядом расположенный лоток или непосредственно в вагонетку; последнее, конечно, значительно целесообразнее.

Если обозначить через H расстояние от дна канала до оси вращающейся решетки, через n — число решеток, а через h — углубление в дне канала, то получим, что длина крыла (отдельной решетки) $f = \frac{H}{\cos\alpha}$;

углубление в дне канала $h \geq H \left(\frac{1}{\cos\alpha} - 1 \right)$;

длина лотка $l \geq 2htg\alpha$;

Угол α определяется из отношения:

$$\alpha = \frac{360^\circ}{2n}.$$

Недостатком крыльчатых решеток является большая потеря напора, так как вода проходит всегда через две решетки, находящиеся одновременно в воде по пути движения потока.

Колеса Гайгера представляют собою дальнейшее развитие крыльчатых решеток.

На рис. 34 представлено колесо Гайгера, состоящее из 5 изогнутых по

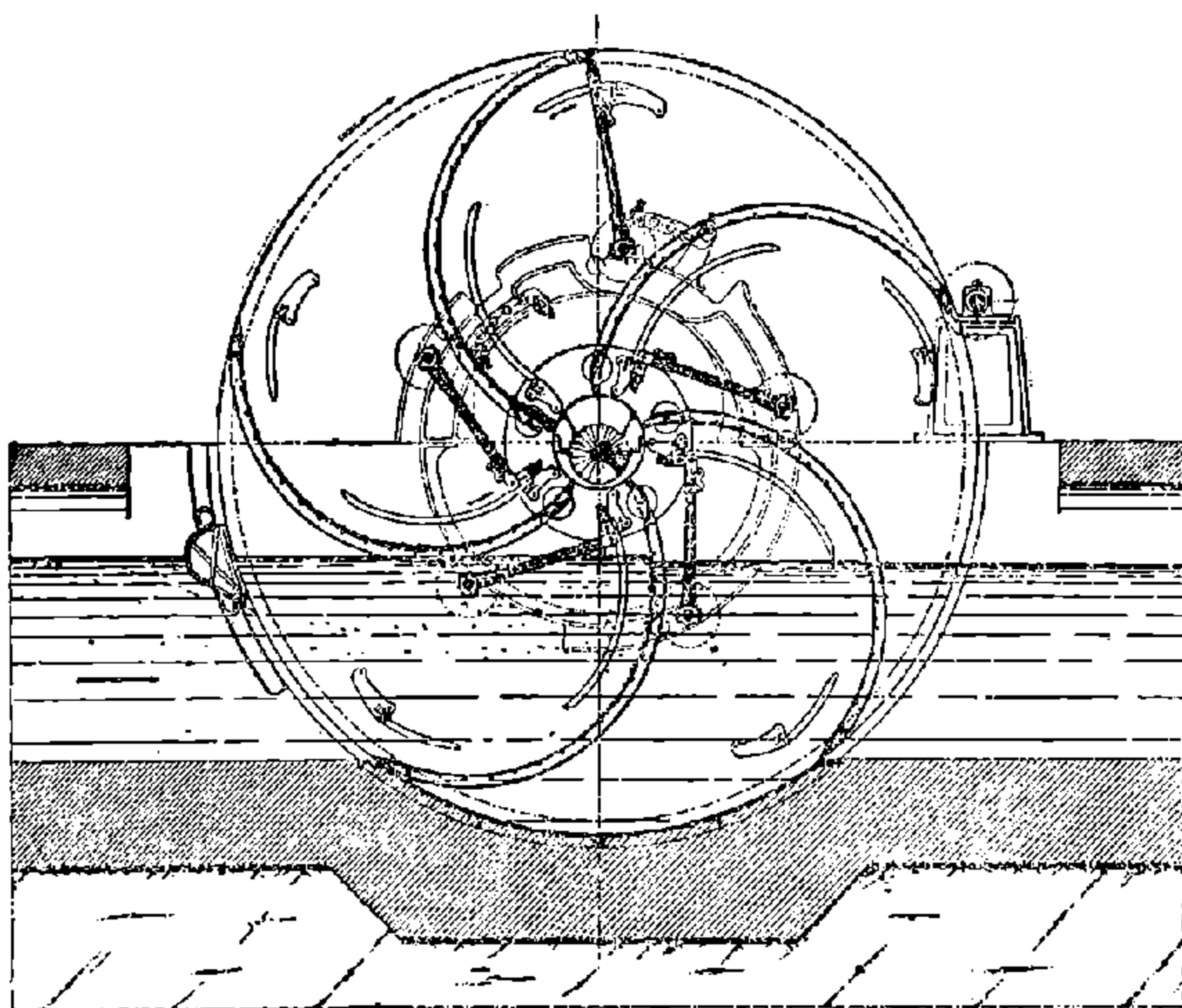


Рис. 34. Колесо Гайгера (разрез).

кривой решеток. Каждая из решеток снабжена вращающимся скребком с одетыми на конце его щетками.

Скребки находятся в неподвижном состоянии и только по выходе той или иной решетки из воды, благодаря зубчатым зацеплениям, скребок приходит в движение, причем щетка в этот момент находится в нерабочем состоянии — скребок движется от центра колеса к его периферии, к его ободу.

Как только скребок дошел до обода, происходит переключение зубчаток, щетка приходит в рабочее положение и при движении скребка от обода к центру колеса сгребает все скопившиеся на решетке отбросы к центру колеса, где установлен в центральном лотке шнек, подающий отбросы к горизонтальному, рядом расположенному транспортеру.

Дойдя до центра колеса, скребок закрепляется впредь до выхода решетки из воды при следующем обороте ее.

На фотографии (рис. 35) представлено колесо Гайгера, установленное на канализационной установке города Карлсруэ.

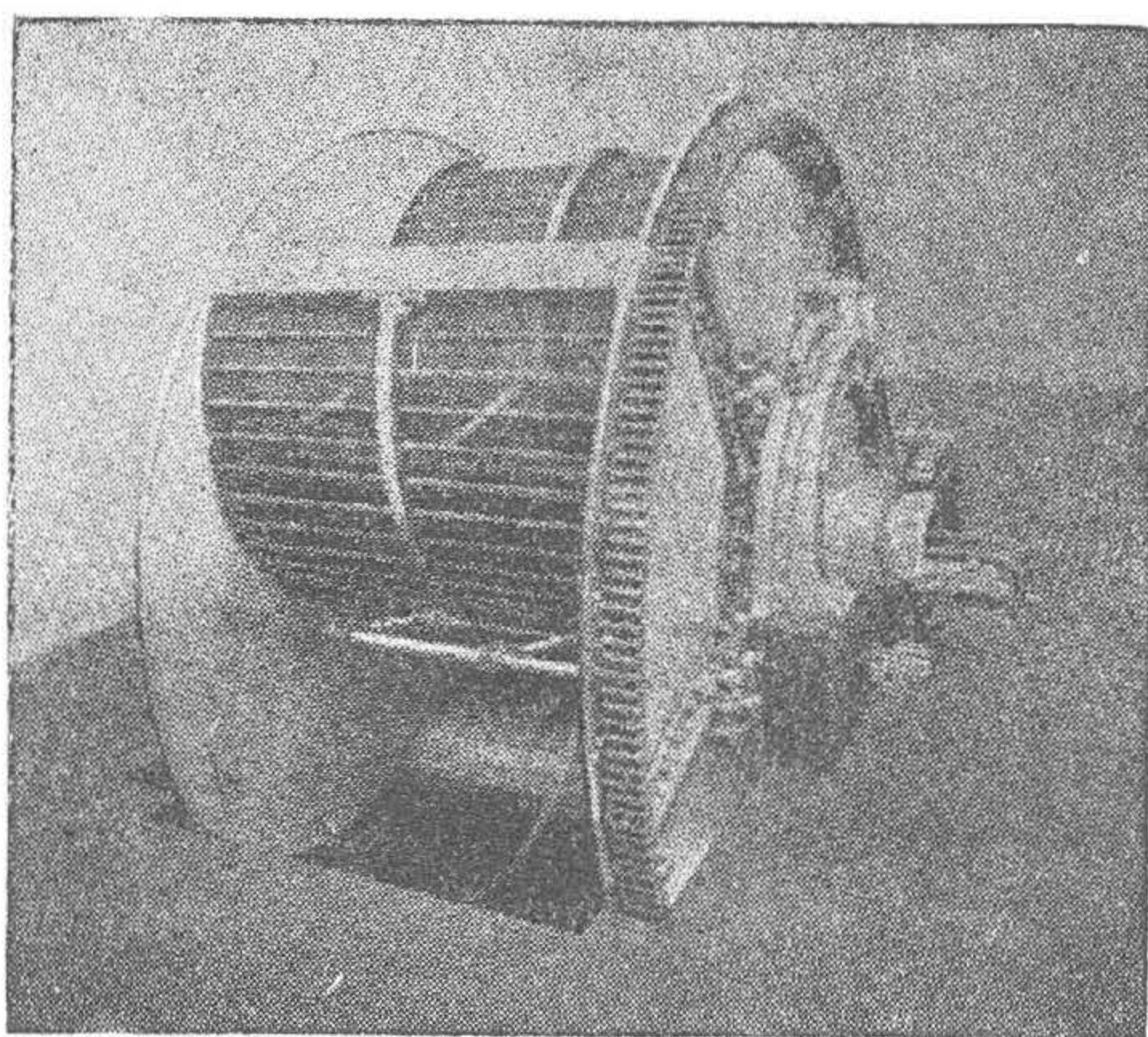


Рис. 35. Колесо Гайгера (Карлсруэ).

Диаметр колеса 3,8 м., ширина 2,15 м., прозоры 20 мм. Суточное количество сточных вод 80000 м³, отходов 10 м³ в сутки, потребность в электроэнергии за 24 часа 17,0 — 18,5 кв.

Развитие подвижных решеток пошло не только по пути вращающихся решеток, но и по пути цепных решеток.

Наиболее типичной цепной решеткой является решетка системы Брюнотт (Brunotte), впервые в 1894 г. примененная в Гамбурге и очень часто потому называемая Гамбургской решеткой.

Решетка состоит из отдельных звеньев, прикрепленных к бесконечной цепи Галля. При движении решеток отбросы вместе с последней приподымаются за пределы воды и при повороте решетки, для обратного движения вниз, сбрасываются с решетки в особый желоб.

Для лучшей очистки решеток применяют скребки в месте поворота решетки.

На фотографии (рис. 36) представлена Гамбургская решетка, изготовленная на машиностроительном заводе Букау (Buckau) в Магдебурге и установленная на очистной станции в Гамбурге.

На фотографии (рис. 37) показана решетка, установленная также в Гамбурге, но на установке на южном берегу реки Эльбы, причем фотография изображает вид решетки со стороны машинного зала.

Решетка состоит из 4-х отдельных агрегатов, шириною в 1,98 м каждый и высотой 7,6 м, прозоры 10 мм, потребность в энергии — 1 НР.

Скорость движения Гамбургской решетки принимается обычно около 3—5 см/сек.

Длина отдельных звеньев решетки колеблется в пределах 360—400 мм. Ферма решетки состоит из двух рам из корытообразного железа, соединенных между собой поперечными и диагональными стержнями.

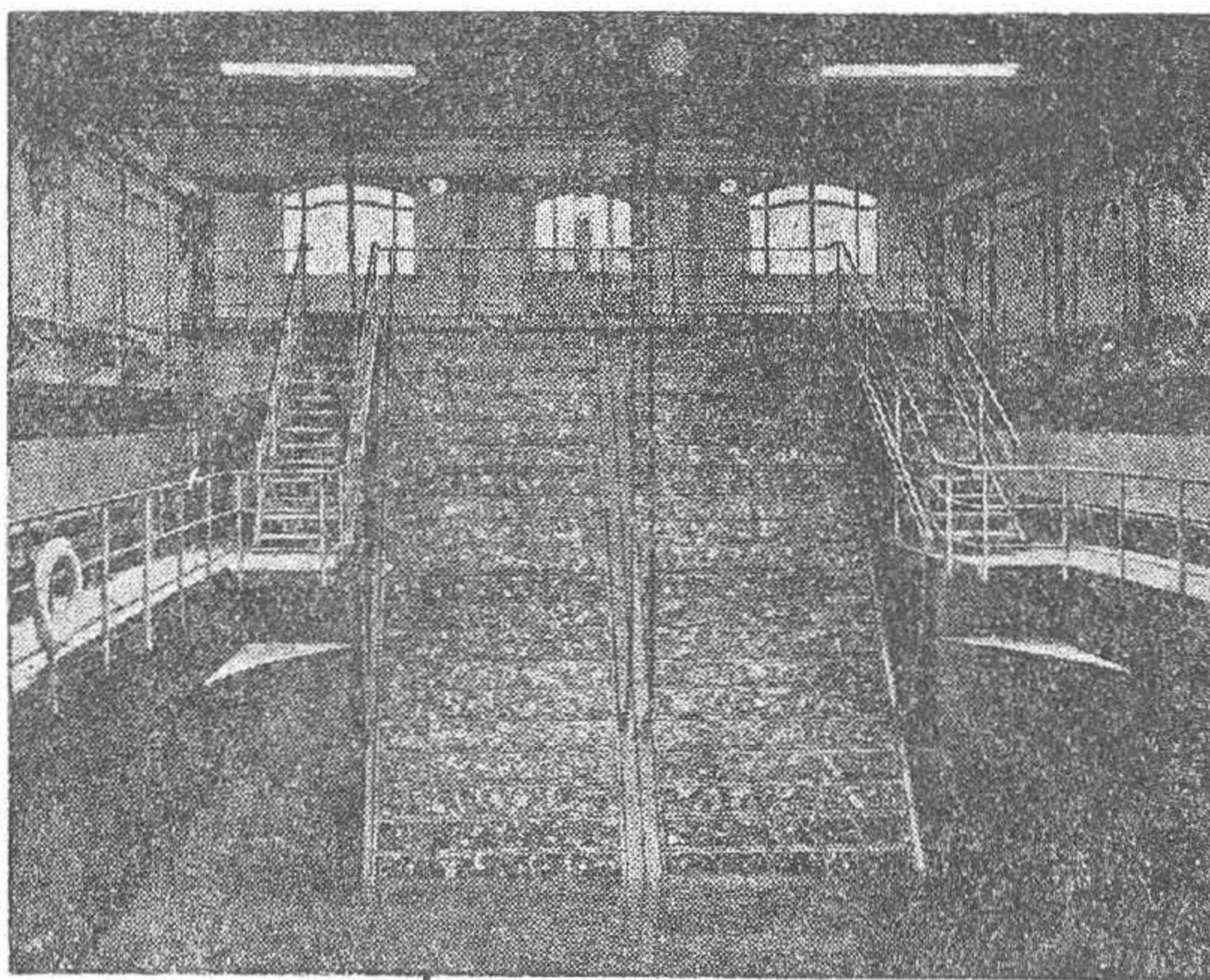


Рис. 36. Гамбургская решетка (Гамбург).

В верхней и нижней части фермы расположены шестигранные барабаны, на которые и одеты цепи Галля, поддерживающие отдельные звенья решетки.

Каждое звено цепи состоит из сварных рам из уголкового железа, к которым и прикреплены стержни решеток.

Последние изготавливаются из алюминия, как металла мало подвергающегося действию сточных вод. Кроме того, стержни эти при сравнительно малом весе их обладают большой твердостью и чрезвычайно гладкой поверхностью.

Применявшиеся ранее для очистки решеток неподвижные резиновые скребки имели существенный недостаток, заключающийся в том, что при очистке решеток попавшие на решетку отбросы скребком вдавливались в зазоры между прутьями.¹

В настоящее время для целей очистки Гамбургских решеток применяют

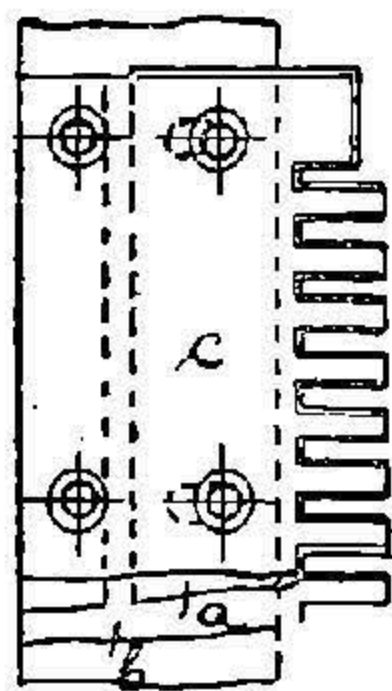
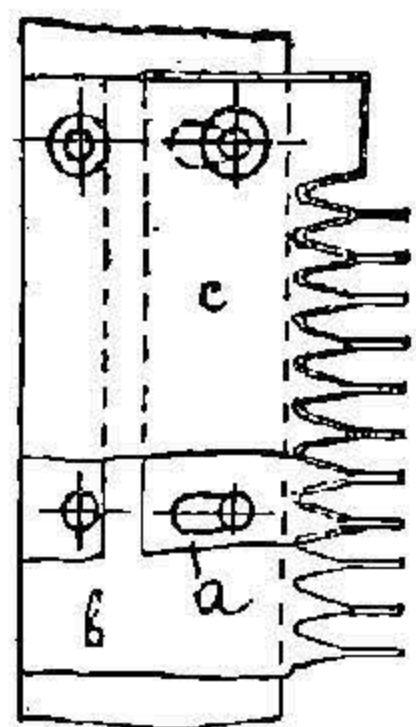
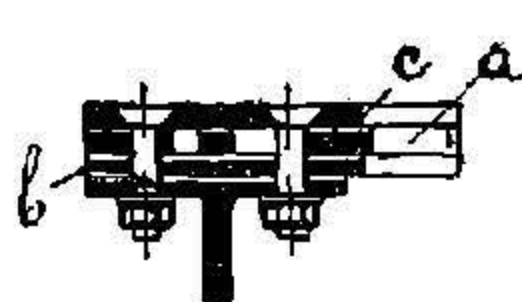
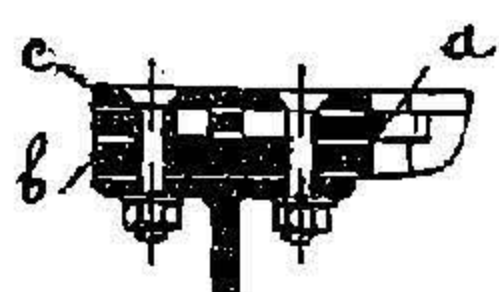


Рис. 38. Скребок для очистки Гамбургской решетки.

подвесные скребки, состоящие из резиновой пластины с вырезанными в ней зубьями для прочесывания решеток. Резиновая пластинка закреплена между двумя стальными пластинками (рис. 38), где *a* — резиновая пластинка, *b* — нижняя стальная пластинка, *c* — верхняя стальная пластинка.

Верхняя стальная пластинка допускает вследствие своей гладкой поверхности полную очистку собирающихся на скребке грязных веществ и защищает резиновую пластинку с зубьями от изнашивания, в то время, как нижняя пластинка служит только для укрепления резины.

Скребок *A* прикреплен к качающемуся рычагу *B*; как только, после полной очистки отдельной решетки, подходит к скребку зазор между двумя друг за другом следующими звеньями решетки, рычаг *B* приводится в движение навстречу решетке посредством рычажного механизма *E* (кулачная шайба, стоящая на червячном валу *C*) и связанного с ним противовеса *F* (рис. 39).

Скребок *A* движется при этом под лежащей на нем и связанной с собственным противовесом *G* очистительной пластинкой, которая очищает накопившиеся на скребке вещества.

Подвижная решетка типа Брюнотт установлена у нас в Союзе на канализации гор. Харькова в 1914 г.

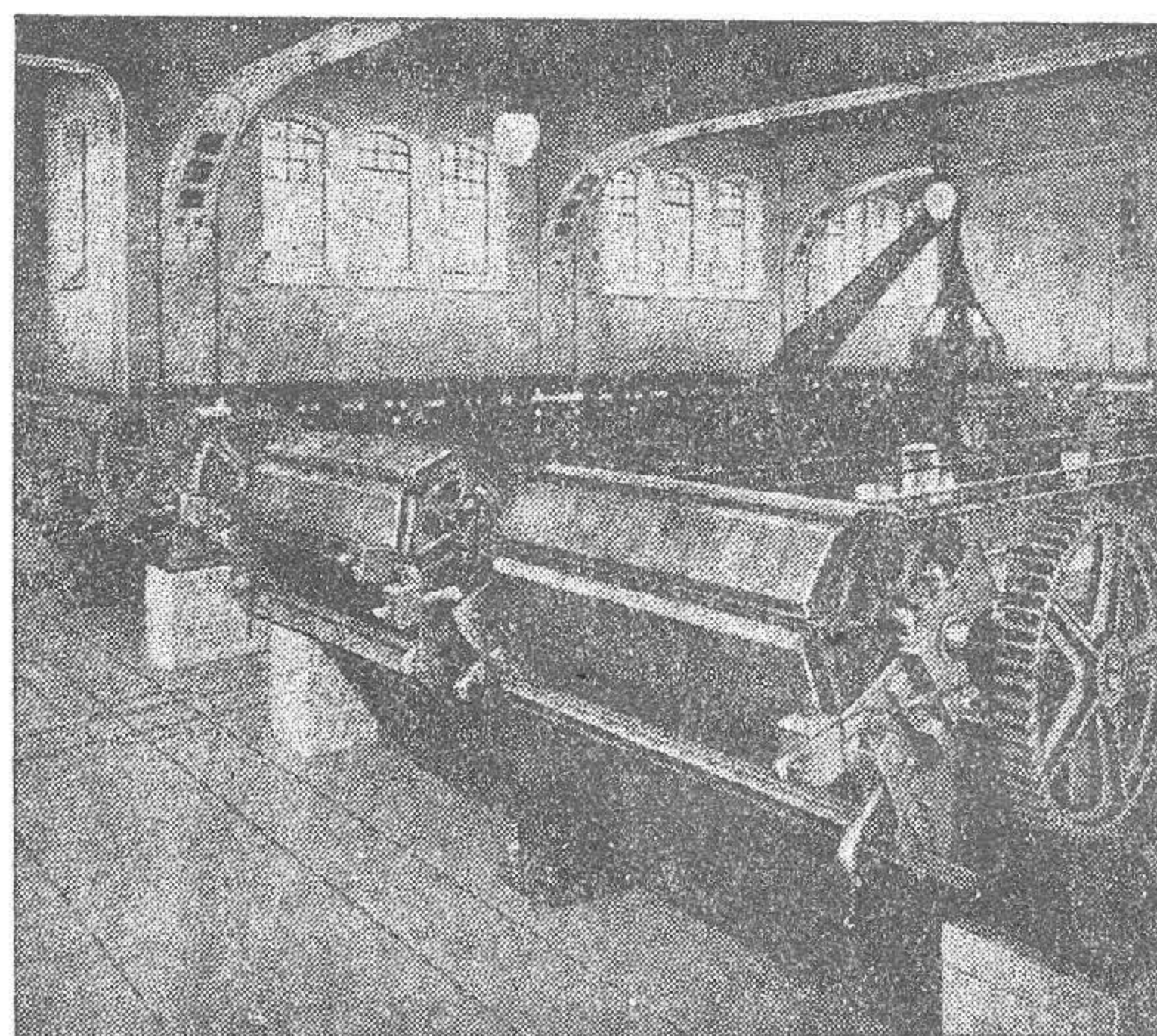


Рис. 37. Гамбургская решетка (Гамбург).

¹ Maschinenfabrik Buckau, Hamburger Förderrechen.

Проектом предусмотрена установка двух агрегатов решеток в каналах, шириною 1,25 м. На рисунке 40 изображена Харьковская решетка, причем в 1914 г. был установлен лишь один агрегат для обслуживания канализации первой очереди. Величина зазоров между прутьями 20 мм.¹

Основным недостатком решетки Брюнотт является ее сравнительная дороговизна.

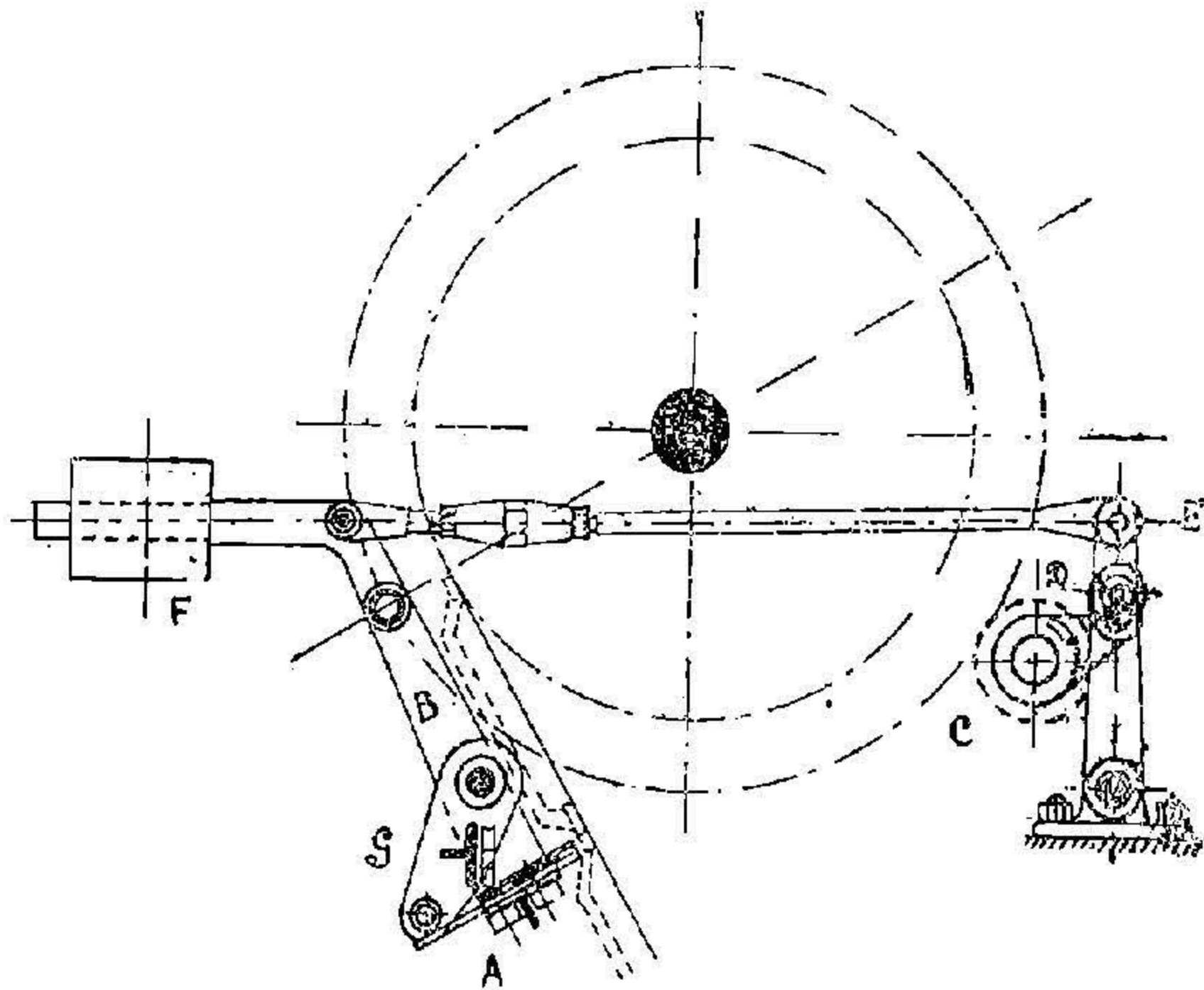


Рис. 39. Рычажный механизм.

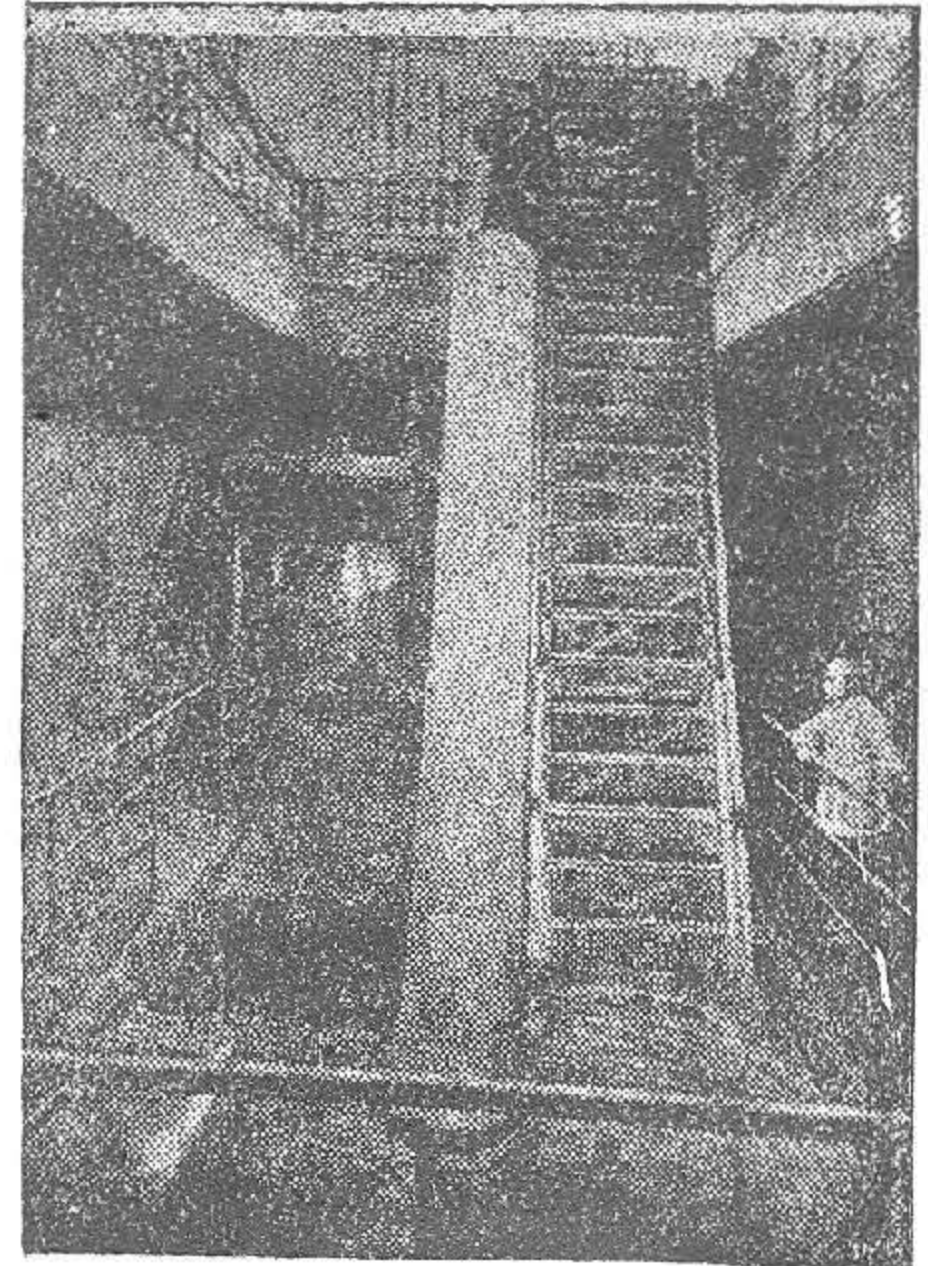


Рис. 40. Гамбургская решетка (Харьков).

§ 12

СИТА

Простейшим типом сита может явиться металлическая плетеная корзина, установленная на пути движения сточной воды, в которой и будут задерживаться все отбросы размерами больше прозоров между прутьями корзинки.

Однако, столь примитивное решение задачи возможно лишь в очень небольших установках.

В крупных установках развитие сит пошло по двум направлениям: по линии так называемых „сухих“ сит и „промывных“ сит, причем последние стали применяться лишь с 1909 г. Сухими ситами называются сита, с которых удержанные ими твердые отбросы снимаются без промывки их водой. Промывными, наоборот, называют сита со смывкой отбросов водой.

Сухие сита в своем развитии прошли целый ряд этапов и в настоящее время наиболее характерными типами таких сит являются вращающиеся сита и цепные или ленточные сита. И те и другие работают при условии очистки их за пределами осветляемой ими сточной воды.

СУХИЕ СИТА

Основным типом вращающихся сит является получившее большое распространение в Германии и Америке сито системы инж. Ринша (Riensch), изготовляемое фирмами В. Вурл и Гайгер (V. Vurl и Geiger) в Германии.

Сито системы Ринша установлено у нас в Союзе в 1930 г. на очистной станции Васильеостровской канализации в Ленинграде.

¹ Черкес Д. С., инж., Канализация гор. Харькова и ее очистные сооружения, 1930 г.

Фирма Вурл в защиту сита Ринша приводит рисунок 41 для сравнения полезной площади сит и решеток во время очистки сточных вод при различных системах их.

На рисунке 42 представлено сито Ринша, изготовленное фирмой Гайгер.

Сито Ринша представляет вращающийся вокруг наклонной оси диск, снабженный отверстиями. В целях использования сита и при переменном уровне сточной воды при максимальном расходе к диску прикреплен усеченный конус, вращающийся вокруг той же оси, причем боковая поверхность конуса представляет собою также сито.

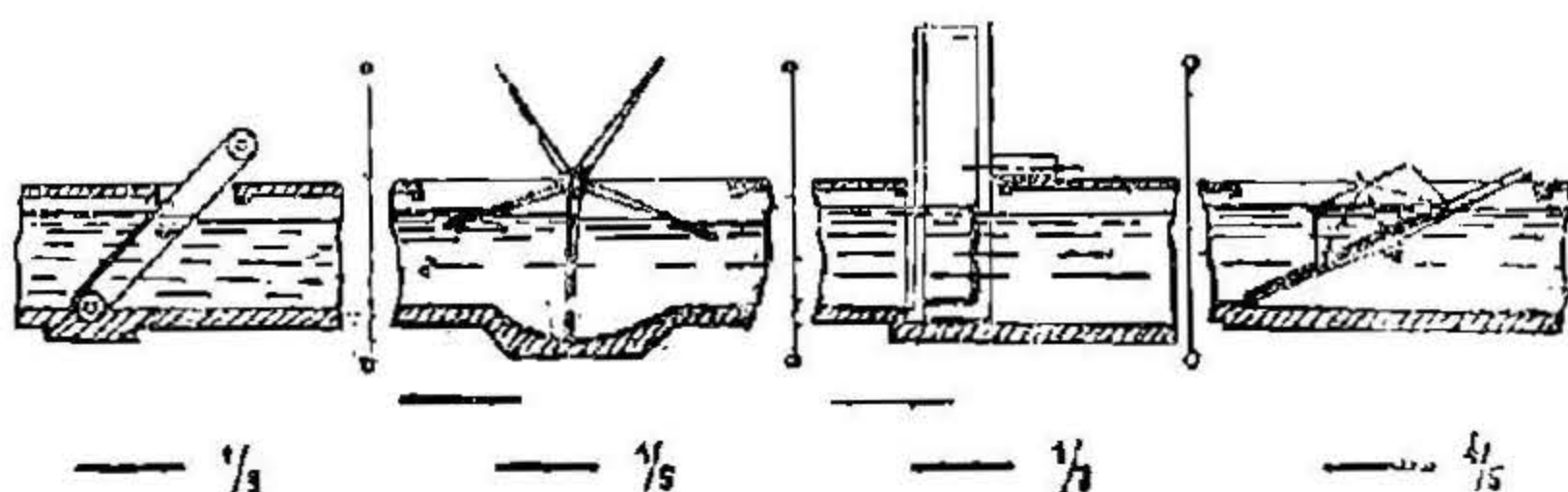


Рис. 41. Схема полезного использования площади решеток и сит.

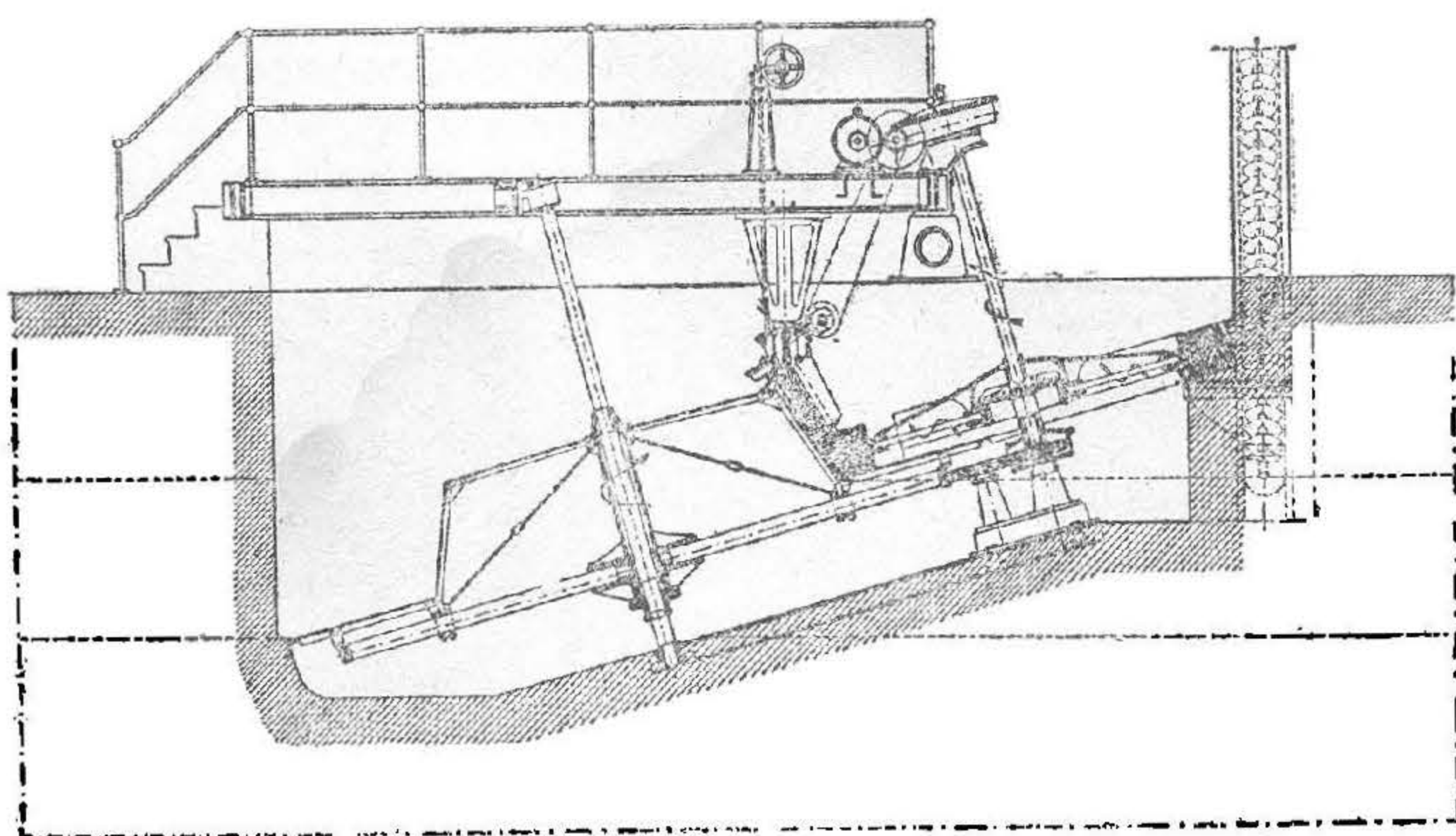


Рис. 42. Сито Ринша (разрез).

Проходящая сквозь сито сточная вода оставляет на нем отбросы и в очищенном виде уходит в отводной канал, расположенный под ситом.

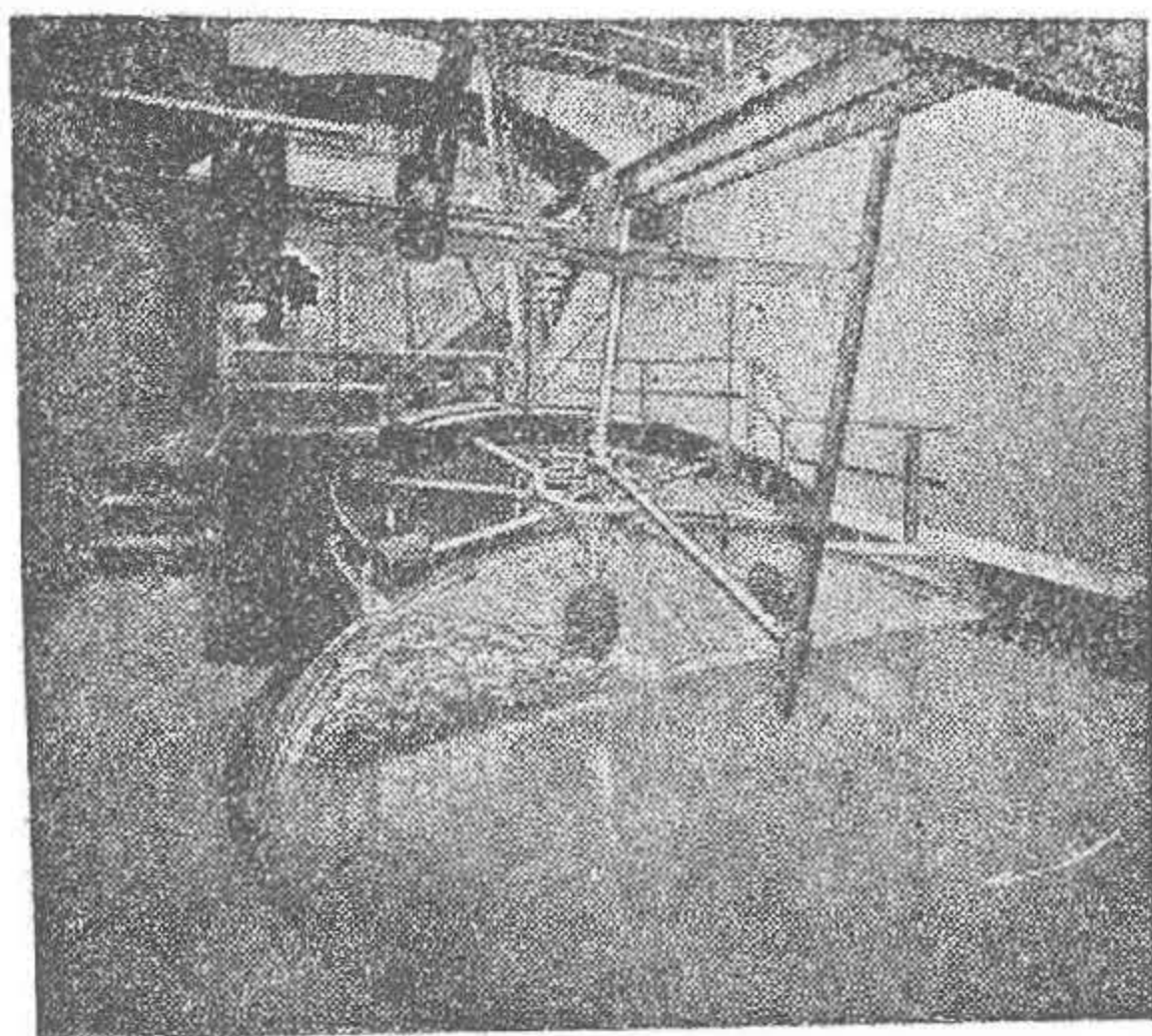


Рис. 43 Сито Ринша (Дрезден).

Медленно вращающееся вокруг наклонной оси сито извлекает из под воды задержанные на сите отбросы, которые особыми щетками, вращающимися вокруг второй наклонной оси, параллельной первой, сбрасываются в бункер. Из последнего отбросы удаляются ковшевым элеватором.

Щетки вращаются в направлении вращения самого сита, чем достигается полная очистка всей поверхности последнего.

На рисунке 43 показано сито системы Ринша, установленное в Дрездене. Диаметр сита 4,5 м. Сито не имеет верхней конической части.

Из фотографии ясна картина работы сита и щеток. Самое сито представляет собою пластинки из латунной бронзы или листового железа (что хуже) с отверстиями шириною от 0,5 до 5 мм.

Характер отверстий виден на рисунке 44.

Поверхность сита вполне гладкая, во избежание возможности задержания на ней отбросов.

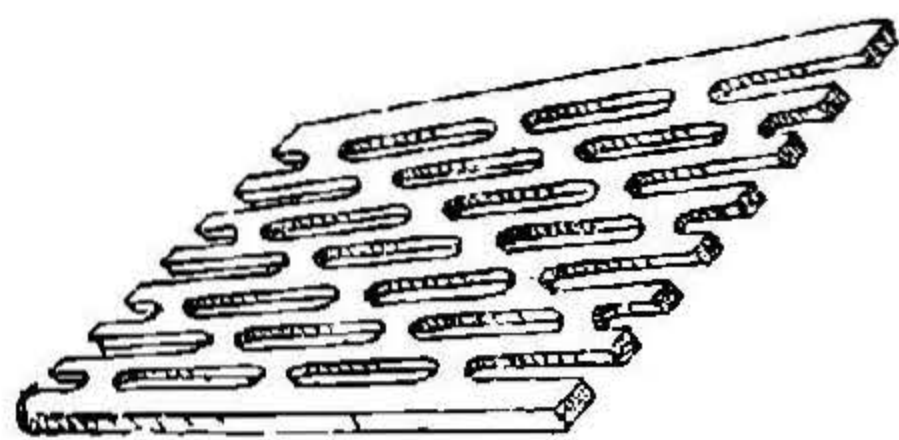


Рис. 44. Поверхность сита Ринша.

Очистка этой поверхности, как указано выше, производится при помощи вращающихся щеток. При наличии конической дырчатой поверхности имеются и соответствующие щетки для очистки этих наклонных поверхностей.

На рисунке 45 представлен разрез щетки для очистки дискового сита системы Ринша с небольшим конусом.

Щетки изготавливаются из щетины или пиласавы, которые собираются в отдельные пучки и вставляются в отверстия щеткодержателя. Последний представляет собою полый металлический цилиндр с отверстиями.

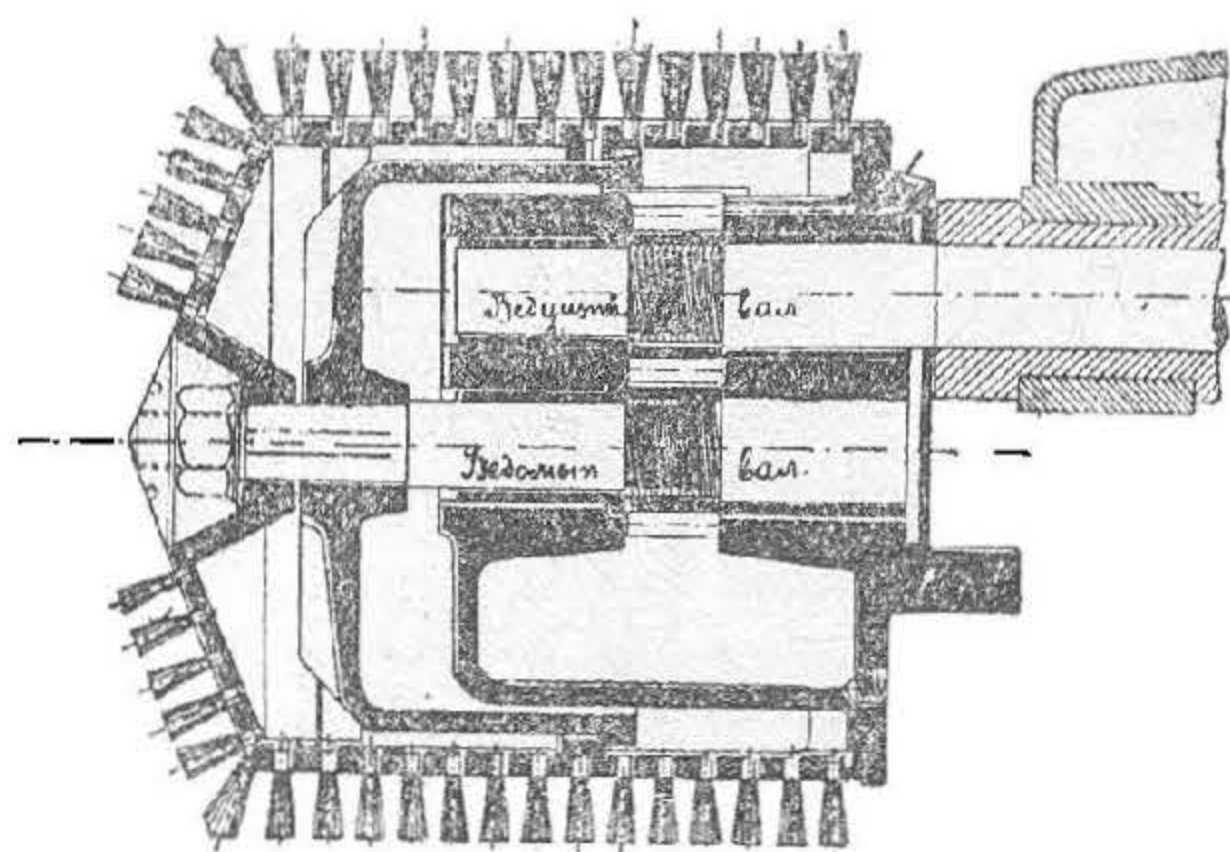


Рис. 45. Щетка для очистки сита Ринша (разрез).

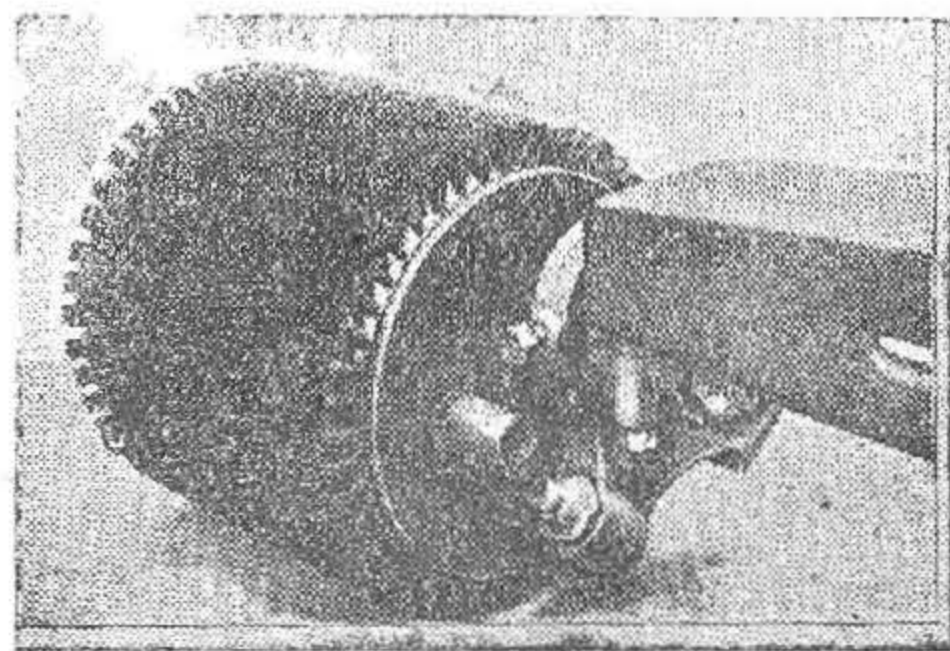


Рис. 46. Щетка для очистки сита Ринша.

На рисунке 46 изображена щетка для очистки сита Ринша.

Как отдельные пучки щетки, так и щеткодержатели являются сменными (рис. 47).

Щетки при очистке сита передвигают перед собой загрязнения, причем при правильной установке щеток закупорка отверстий не должна иметь места.

На рисунке 48 представлен внутренний вид установки в гор. Дрездене, чрезвычайно напоминающий собою установку в Ленинграде.

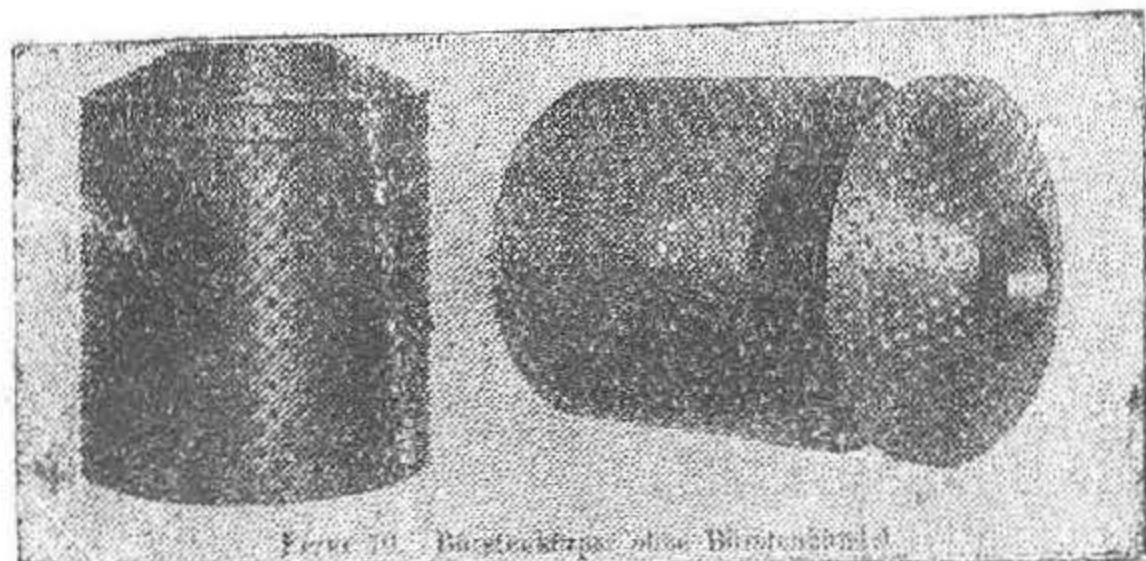


Рис. 47. Щеткодержатели.

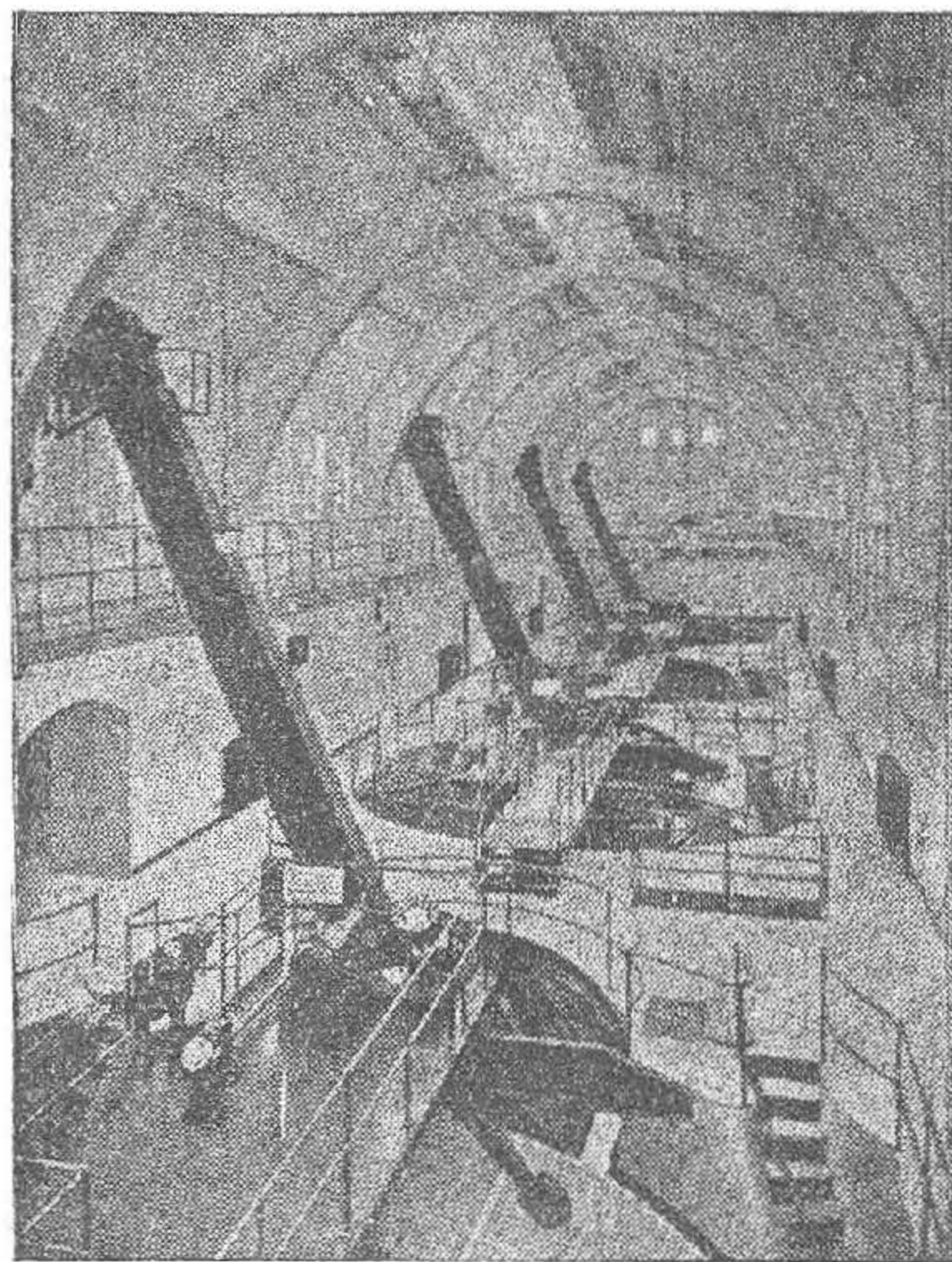


Рис. 48. Установка сит Ринша в г. Дрездене.

Фирмой В. Вурл изготавливаются различных размеров сита Ринша для различных уровней воды в каналах и при углах наклона осей вращения в 10, 15, 20 и 25°.

В качестве иллюстрации приведем основные размеры сита при угле наклона оси вращения в 15° (рис. 49 и таблица 3).

Таблица 3

Диаметр сита в м.	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8
Диам. конич. части в мм	600	1000	1400	1800	2000	2200	2500	2800	3200	3800	4400
Водопроводящая поверхность в м ² .	1,6	2,72	3,85	5,3	7,5	9,8	12,2	15	22,2	29,5	38,5
H _н мм	275	390	575	625	715	805	910	1010	1190	1400	1600
H _п мм	115	130	145	155	195	235	260	285	365	415	470
H мм	160	250	350	455	500	550	630	700	800	950	1100

Установка в Ленинграде напоминает обычную установку сит Ринша. Диаметр сит 6 м, величина прозоров 2 мм, угол наклона оси вращения 22,5°.

Количество отбросов по данным начала 1933 года составляло при суточной загрузке 10000—12000 м³ сточной воды около 6—8 вагонеток, емкостью 0,75 м³ каждая.

Перед ситами Ринша в Ленинграде установлены неподвижные решетки с механическими граблями. Величина прозоров решетки 20 мм.

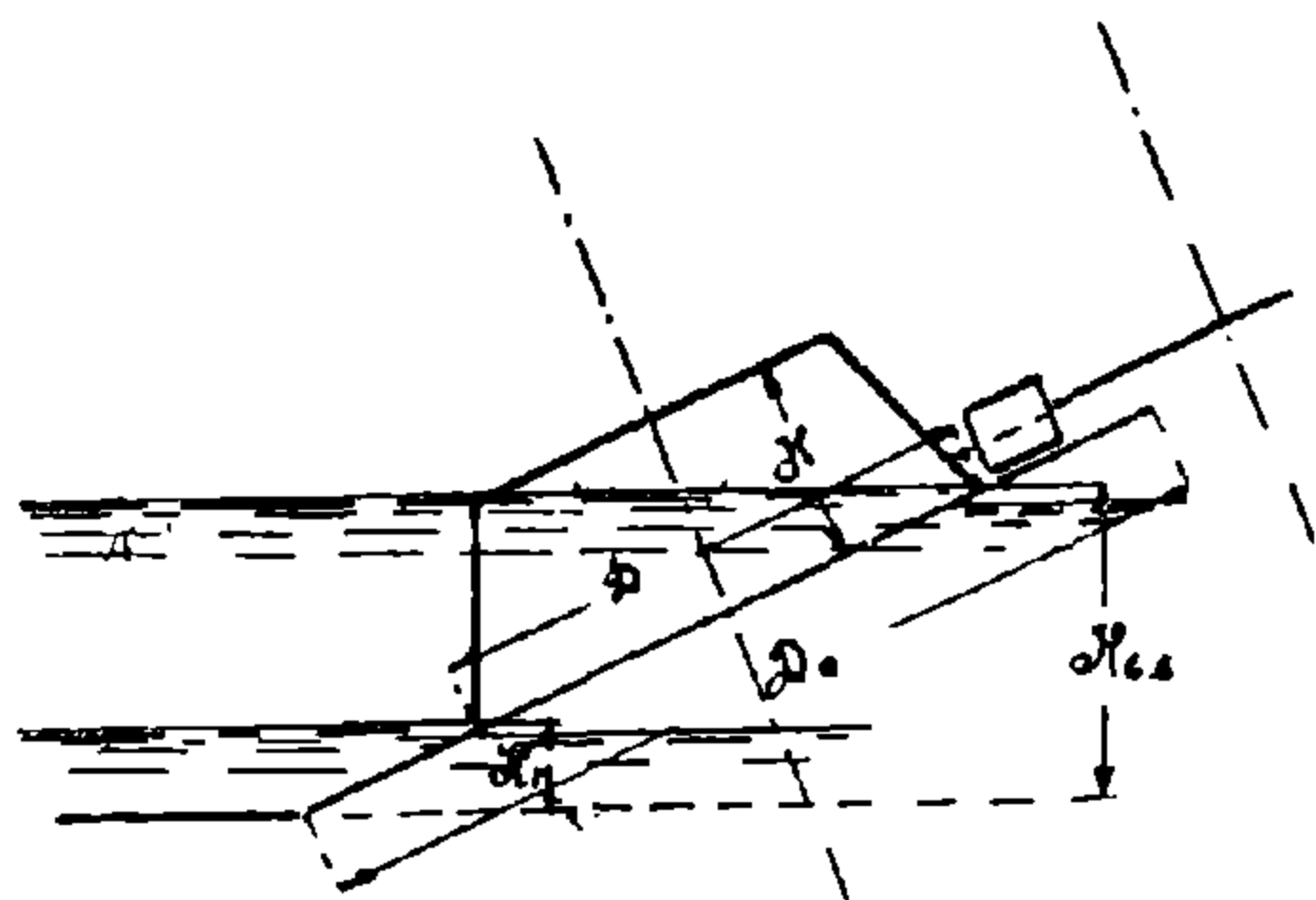


Рис. 49. Сито Ринша. Основные размеры.

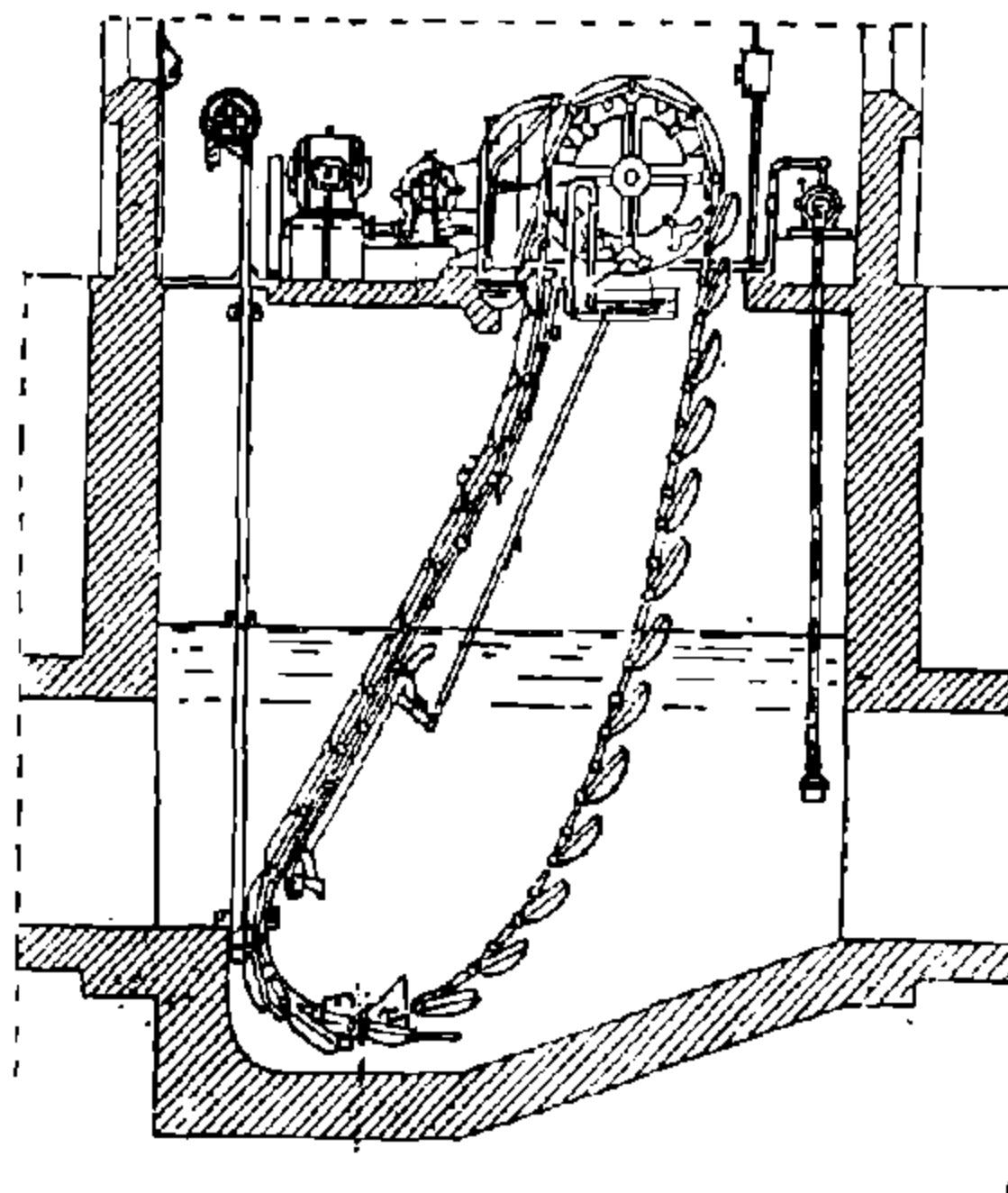


Рис. 50. Ленточное сито Гайгера.

Примером подвижных цепных (ленточных) сит являются сита системы Гайгера, изображенные на рисунке 50.

К цепи прикреплен ряд небольших рам с ситами из бронзовой проволоки. При подъеме цепи, вследствие тяжести, сита образуют сплошную поверхность, задерживающую отбросы, при обратном направлении движения, вследствие той же силы тяжести, рамы с ситами образуют прозоры, и вода свободно проходит между сит. Задержанные на ситах отбросы при повороте сит сбрасываются в желоб, при этом сита для лучшей их очистки обмываются напорной водой в количестве не более 0,5% от общего стока.

§ 13

ПРОМЫВНЫЕ СИТА

Промывные сита, применяемые, главным образом, в Америке, представляют собою барабан, боковой поверхностью которого и является сито. Бара-

бан этот установлен горизонтально, нормально к оси потока сточной воды, и вращается по движению потока.

Частицы отбросов задерживаются на поверхности барабана, откуда они смываются сточной водой и удаляются вместе с последней в отстойные камеры.

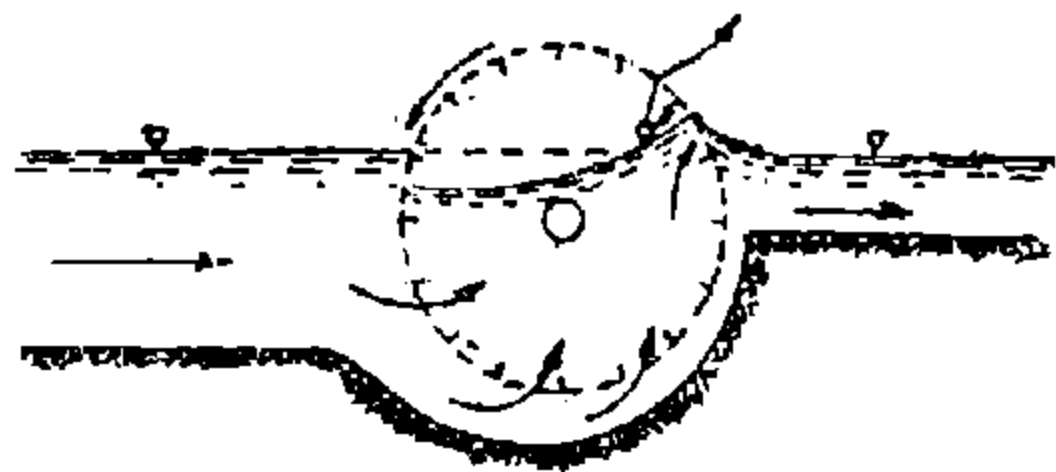


Рис. 51. Сито Гурда.

Примером промывного барабанного сита может явиться изображенная на рисунке 51 схема сита Гурда (Hurd)¹. Барабан вращается с такой скоростью (около 1,5 м/сек на ободу), что поверхность воды в барабане в сторону движения несколько повышается.

В этом месте благодаря создающемуся напору получается промывка осевших на наружной поверхности барабана отбросов частью сточной воды, основная масса которой уходит через барабан в направлении оси последнего. На промывку, примерно, расходуется около 25% сточной воды.

Промывка усилена наличием на внутренней поверхности барабана особых пластин, задерживающих при вращении барабана сточную воду и тем увеличивающих напор, кроме того, в верхней части барабана имеется еще и специальный трубопровод для промывной воды под напором.

Сито, как ясно из изложенного, очищается водой и лишь изредка для очистки его приходится также применять пар и щетки.

Промывная вода вместе с отбросами направляется в проточный отстойник, рассчитанный на получасовое пребывание воды в нем.

Схема расположения установки в плане ясна из рисунка 52.

Прошедшая через отстойник промывная вода, осветленная в последнем, снова соединяется с основным потоком сточных вод.

Расстояние между прутьями сита 1 мм. Гурдовское сито задерживает около 25% всех взвешенных веществ, а так как из них возможно осадить только 66%



Рис. 52. Схема расположения сита Гурда в плане.

(по Имгофу), то эффект работы сита по Имгофу равен $38\% \left(\frac{25}{66} = 0,38 \right)$.

Однако, в отстойнике после сита осаждаются не все взвешенные вещества, удержанные на сите, а лишь 91%, поэтому общий эффект удержания взвешенных веществ ситами Гурда около 34%.

Барабанные промывные сита устанавливаются в большом масштабе фирмой Дорр; в основном они мало чем отличаются от Гурдовских сит.

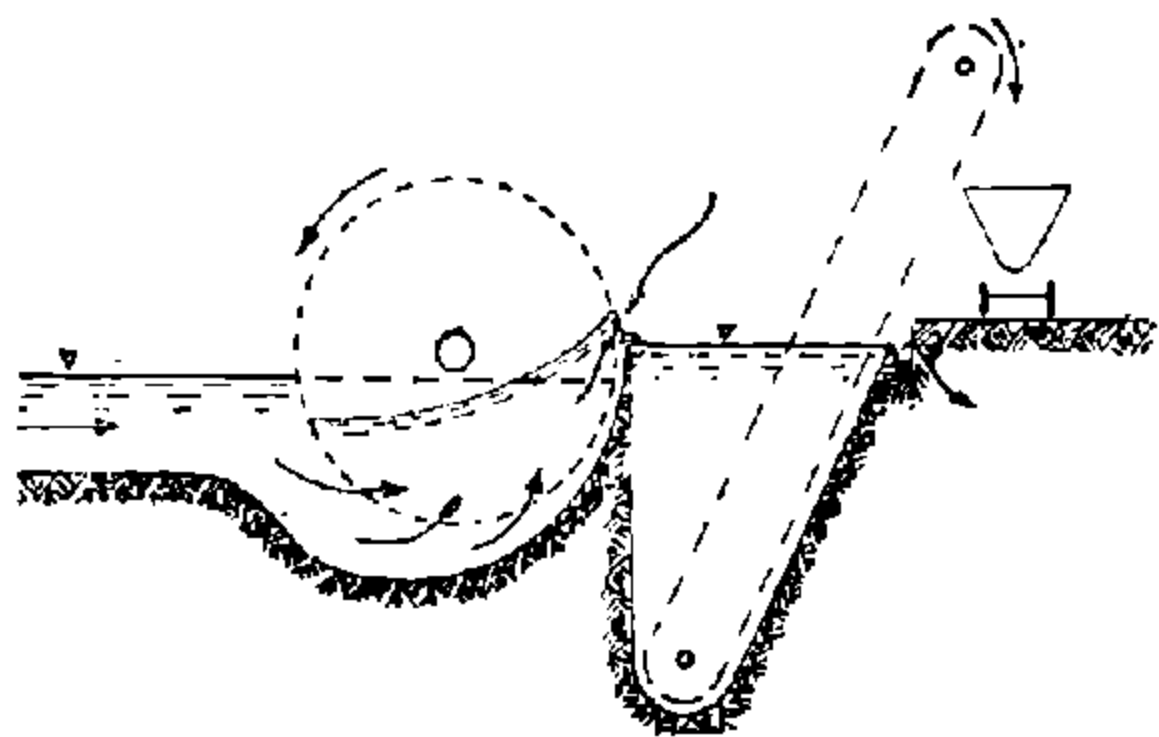


Рис. 53. Сито Дорра.

Отстойник устроен в непосредственной близости к ситам, промывная вода составляет лишь 5%, причем после своего осветления она попадает снова в барабан.

Осевшие на дно и всплывшие на поверхность в отстойнике частицы извлекаются ковшевым элеватором.

На рисунке 53 изображена схема работы барабанного сита Дорр.²

Барабанные сита в постройке и эксплуатации чрезвычайно просты.

¹ Imhoff K., Fortschritte der Abwasserreinigung, 1925.

² Imhoff K., Fortschritte der Abwasserreinigung, 1926.

КОЛИЧЕСТВО И ХАРАКТЕР УДЕРЖИВАЕМЫХ ОТБРОСОВ

Количество задерживаемых на решетках и ситах отбросов зависит от системы канализации и расстояний между прутьями решеток или сит.

По данным проф. В. Ф. Иванова, можно указать, что решетки задерживают от 8 до 10% взвешенных веществ, содержащихся в сточных водах.

Что же касается сит, то вследствие уменьшения размеров отверстий до 2-х и меньше мм осветлительный эффект в них повышается до 25%.

По данным Дрезденской канализации, где установлены сита Ринша с прозорами в 2,0 мм, результаты работы сит на основании значительного количества проб (510), отбираемых в течение круглых суток, определяются следующей таблицей 4.

Таблица 4

Наименование	Перед ситами	После сит
Объем влажного ила	а) 5,378 см ³ /л	в) 3,568 см ³ /л
Вес сухого ила	с) 0,37154 г/л	д) 0,25653 г/л
Потеря при прокаливании (орг. вещества)	е) 0,21248 г/л	ф) 0,14111 г/л
Остаток после прокаливании (минер. вещества)	0,15906 г/л	0,11542 г/л
Удельный вес	1,62	1,62
Содержание воды в иле	95,7 %	95,5 %

Действие сит по уменьшению объема влажного ила $\frac{a-b}{a} = 33,64\%$.

То же, по уменьшению количества сухого вещества $\frac{c-d}{c} = 30,95\%$

и, наконец, эффект осветления сит по количеству удержанных органических веществ

$$\frac{c-f}{e} = 33,59\%.$$

По данным работы Ленинградских сит Ринша эффект осветления у них не превышает 20%.¹

Осадки, получающиеся на решетках и ситах, содержат до 70—80% влаги.

По нормам НККХ РСФСР количество отбросов, снимаемых с решетки на одного человека в год, в обычных условиях 5 л при влажности отбросов 80%.

Выше приведенные данные дают возможность ориентировочно определить количество отбросов, удерживаемых решетками и ситами. Оно составляет сравнительно большую цифру — от 0,025% до 0,1% от колич. сточных вод.

Произведенным анализом отбросов, удержанных на решетках Одесской канализации (1926 год), выяснен следующий состав их (таблица 5):

Таблица 5

Наименование	Вода наружная в %	Зола на сухое вещество в %	Горючее в %	Негорючее в %	Теплотворная способность в калориях
Проба 1	75,91	19,77	19,32	4,77	4147
Проба 2	76,55	23,96	17,83	5,62	3919

¹ Эттингер А. И., Химический состав сточной воды Васильевостровской канализации в Ленинграде, 1933.

По данным анализов отбросов, удержанных на ситах Ринша в Дрездене состав последних см. в таблице 6 (в процентах):

Таблица 6

Наименование	Вода	Органические вещества	Из них азот	Минеральные вещества	Из них		
					К	P ₂ O ₅	CaO
Проба 1	67,66	17,24	0,628	15,10	0,08	0,182	0,586
Проба 2	82,55	14,62	0,440	2,86	0,54	0,176	0,353

На всех установках по очистке сточных вод возникает вопрос о дальнейшей судьбе отбросов, извлекаемых решетками и ситами.

У нас в Союзе, в Москве и Харькове, эти отбросы в решеточном помещении подвергаются дроблению на особых дробильных машинах и сбрасываются в сточную воду перед решеткой с тем, чтобы крупные вещества снова могли бы быть выловлены решеткой и снова были бы подвергнуты дроблению, дабы не засорять насосов или следующих за решетками очистных сооружений.

В Одессе, Ленинграде и многих других городах отбросы эти просто отвозятся на свалки, требуя на транспортировку свою затраты большого количества средств.

Следует признать и первый и второй способы удаления удержанных отбросов мало рациональными.

Если обратиться к практике Запада, то в малых установках эти отбросы либо закапываются, либо используются для с. х. назначения. В больших установках США их сжигают в печах, предварительно смешав с жировыми веществами, извлекаемыми из сточных вод.

Однако, и там уже начинают искать более рациональные виды обезвреживания и утилизации твердых отбросов, в частности, путем перегнивания их с илом и получения при этом газа.

В Мильюки эти отбросы используются для получения сухого удобрения.¹

Отбросы там подвергаются действию пара в котле в течение получаса, а затем котел этот в течение 6 часов находится под действием вакуума.

В результате вся масса получается разложившейся и отделенной от воды.

Таким образом полученное удобрение содержит 7,5% азота и только 10% воды.

Наиболее целесообразно разрешение вопроса в перегнивании этих отбросов в условиях анаэробного процесса (метан-танки, см. дальше метан-танк города Магдебурга) или аэробного процесса (камеры Бекари-Вессари). На последний путь стала сейчас Москва, устроив на Кожуховской станции аэрации в 1932 году опытные камеры Бекари. К сожалению, у нас данных по работе Московских камер нет.

Родиной камер Бекари является Италия, откуда они были перенесены на юг Франции и за последние годы получили там сравнительно широкое распространение (Марсель, Кан, Э, Валенс, Авиньон).

Камеры Бекари представляют собою закрытые помещения, емкостью около 20 м³, наполняемые плотно мусором, подлежащим разложению, и соответственно вентилируемые.²

В результате процесса разложения получается черная, однородная масса, неспособная к загниванию, не обладающая каким либо запахом и представляющая собою хорошее удобрение, при среднем содержании азота около 0,9%, P₂O₅ — 0,6% и калия — 0,7%.

¹ Bach H., Neues von der Milwaukee Abwasserkläranlage, 1932.

² Camillo Popp, Ueber die Besichtigung der festen städtischen Abfallstoffe, 1933.

ПОМЕЩЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕТОК И СИТ

Решетки и сита должны устанавливаться в просторных, хорошо освещаемых, отапливаемых и содержащихся в чистоте зданиях.

Так как температура сточной воды в зимнее время значительно выше температуры наружного воздуха, то при отсутствии отопления здания решеток или сит начинается усиленное испарение сточной жидкости, абсолютно недопустимое как с санитарно-гигиенической точки зрения, так и с точки зрения безопасности управления механизмами.

Не менее важное значение имеет и правильная вентиляция помещения для решеток. Побудительная вентиляция может вызвать усиленное испарение сточной жидкости. Необходимо, чтобы подвод свежего воздуха и отвод загрязненного были бы произведены ниже места нахождения обслуживающего персонала.

Стоимость установки решеток или сит со зданиями для них определяется в пределах для сравнительно крупных установок в среднем от 2-х до 4-х рублей за 1 м³ суточного количества сточных вод.

ОТСТОЙНЫЕ БАСЕЙНЫ

§ 16

ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ

С целью удержания определенного количества взвешенных веществ, находящихся в сточных водах, перед выпуском их в естественный водоем или направления для дальнейшей биологической очистки, устраивают отстойные бассейны (отстойники) самой разнообразной формы и конструкции.

Все они построены на принципе уменьшения скоростей и осаждения при этом значительного количества взвешенных веществ.

Необходимость искусственного осаждения взвешенных веществ, находящихся в сточных водах, диктуется необходимостью предварительной очистки сточных вод (осветления) перед выпуском их в естественный водоем или направлением их для дальнейшей очистки.

Осветленная вода (освобожденная от значительного количества взвешенных веществ) подвергается в дальнейшем значительно легче очистке до полной минерализации органических веществ, как растворенных, так и нерастворенных, находящихся в сточных водах.

В случае выпуска сточных вод в реку или какой либо иной водный бассейн роль отстойника играет этот водоем. Взвешенные вещества оседают в нем и перегнивают на дне и берегах, создавая отмели, очаги зловонных газов, лишают воду водоема свойственного ей кислорода, что ведет к гибели рыб и невозможности использования воды для питья или технических надобностей, купанья и пр.

Только в мощные протоки, с большой скоростью течения, с большим содержанием свободного кислорода в воде протока, можно без боязни сбрасывать сточные воды без предварительного их осветления, да и то в небольшом количестве. При этом однако необходимо сточные воды сбрасывать в проток не сплошной массой, а отдельными разветвленными струйками, что облегчает протоку работу по минерализации большого количества органических веществ, попадающих в проток со сточными водами.

Можно привести целый ряд примеров загрязнения сточными водами рек и озер из-за спуска в них сточных вод безо всякой очистки.

Конечно, предварительная очистка сточных вод в отстойниках не разрешает вопроса в целом, она лишь несколько облегчает дальнейшую очистку, уменьшая примерно на 35% биохимическую потребность кислорода сточной воды.

В силу изложенного можно определенно считать необходимым предварительно, перед выпуском сточных вод в естественный водоем, пропускать их через отстойники для осветления путем удержания в отстойниках значительного количества взвешенных веществ.

Не менее необходимо предварительное осветление сточной воды и при дальнейшем направлении ее на очистные сооружения для искусственной биологической очистки.

Освобожденная от взвешенных частиц сточная вода требует значительно

меньших по объему и площади сооружений, вследствие уменьшения, как нами указано выше, биохимической потребности кислорода и более однообразного состава ее.

Отстойники упрощают и удешевляют эксплуатацию очистных сооружений, уменьшая количество взвешенных частиц, ведущих к закупорке пор фильтрующих материалов.

При разрешении вопроса об осветлении сточных вод необходимо остановиться на вопросах принципов работы и конструкций самих отстойников, а затем и на вопросах удаления, обезвреживания и использования ила, получающегося при осветлении сточных вод.

По характеру движения воды в отстойниках последние разделяются на горизонтальные и вертикальные отстойники.

§ 17

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ ОТСТОЙНИКИ.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ И РАСЧЕТ

Основной принцип работы горизонтальных отстойников сводится к тому, что вода в особых бассейнах движется в основном горизонтальном направлении с небольшой скоростью, неспособной поддержать в подвешенном состоянии мелкие, главным образом, органические вещества, находящиеся в сточной воде.

Вещества эти (ил) оседают на дно бассейна, а осветленная сточная вода направляется далее.

Гидравлический расчет горизонтального отстойника, вернее, осадочной части его, сводится к определению его основных размеров: длины (L), ширины (B) и глубины (H) по заданному расходу сточных вод и принятым: скорости отстаивания (v) и времени отстаивания (t) (рис. 54).

Как известно по элементарной формуле,

$$L = v \cdot t \cdot 3600 \text{ м},$$

где скорость V выражена в м/сек, а время t в часах.

Площадь поперечного сечения отстойника

$$\Omega = \frac{Q}{v} \text{ м}^2,$$

где Q — расход сточных вод в м³ в сек, а v — скорость в м в сек.

Зная площадь поперечного сечения Ω и задаваясь глубиной воды в отстойнике H в м, нетрудно определить требуемую ширину отстойника:

$$B = \frac{\Omega}{H} \text{ м}.$$

Однако, столь примитивное разрешение вопроса не дает положительных результатов. Необходимо предварительно выяснить влияние характера сточных вод на явление отстаивания, учесть влияние температурных и иных условий.

При разрешении вопроса о горизонтальных отстойниках обычно пользуются опытами и исследованиями д-ра Штейернагеля (Steuerpagel), произведенными им в 1900—1902 годах в г. Кельне.

Штейернагель изучил вначале скорость выпадения взвешенных частиц из сточной воды, находящейся в покое и помещенной в цилиндрическом сосуде.

Сосуд был прямоугольного сечения, размерами $0,40 \times 0,40 \text{ м}^2$ и высотой 2,5 м.

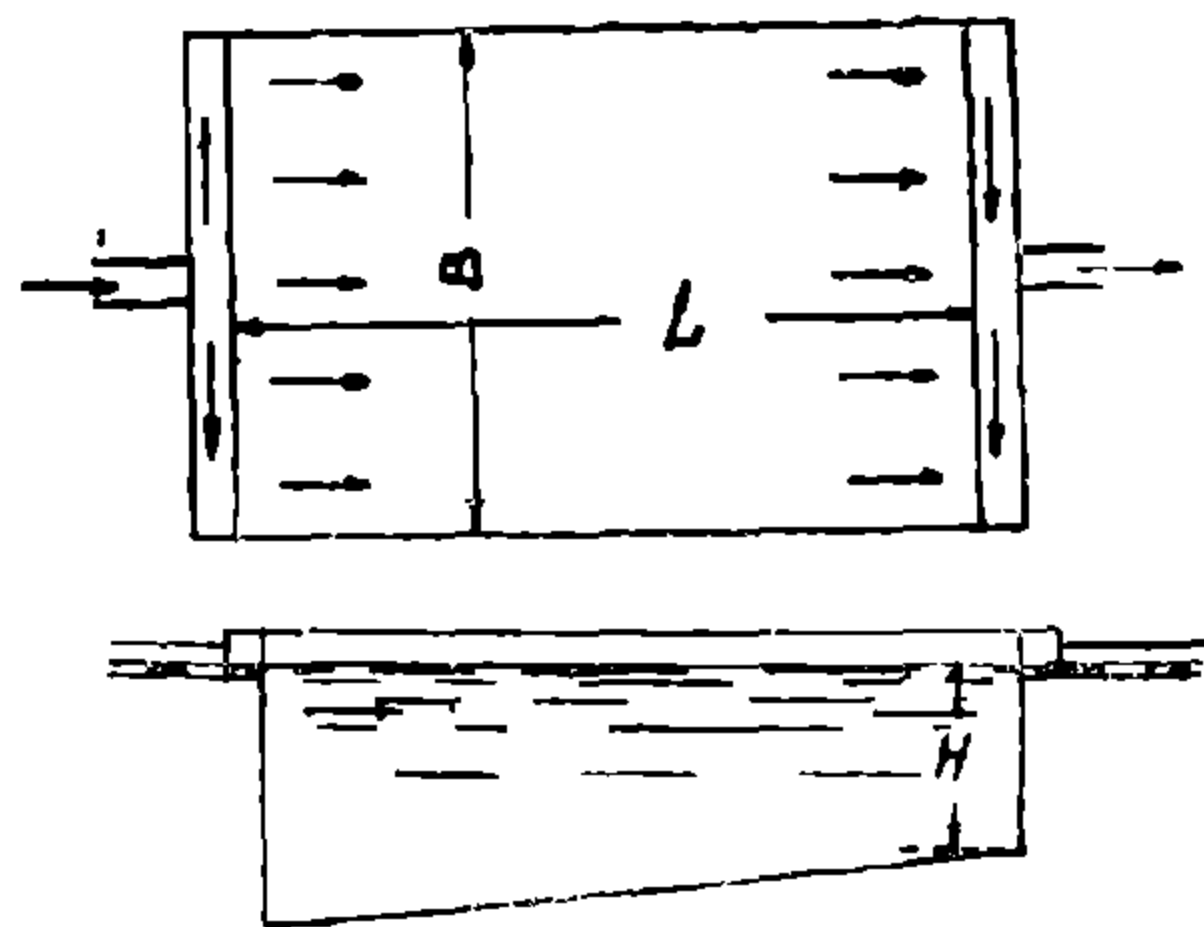


Рис. 54. Схема горизонтального отстойника (план и разрез).

На определенных высотах сосуда были установлены краны для возможности взятия проб воды из различных глубин.

Пользуясь данными Штейернагеля, можно построить кривую эффекта осветления сточной воды (выпадения взвешенных частиц в процентах к общему их содержанию) в зависимости от времени $S = f(t)$.

Ниже мы приводим такую кривую (рис. 55).

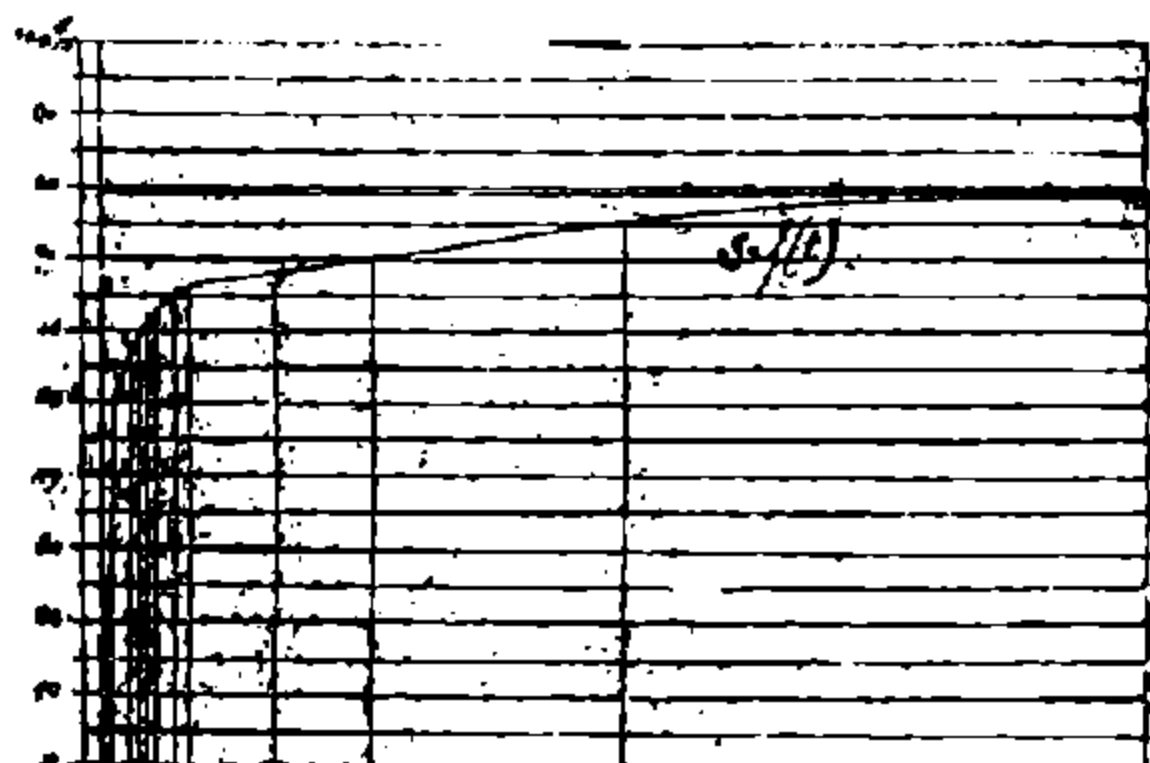


Рис. 55.

Зависимость эффекта осветления от времени (по Штеперначелю)

Характер кривой позволяет сказать, что наиболее интенсивно осветление сточной воды (осаждение взвешенных частиц) происходит в первые 5—10 минут, а затем уже осаждение идет все медленнее и медленнее и, наконец, при весьма длительном отстое, дальнейшее время осаждения почти не дает дополнительных практических результатов: количество осевших частиц асимптотически приближается к некоторой постоянной величине.

Так, за первые пять минут из сточных вод гор. Кельна времен

1900—1902 г. выпадало 41,8% взвешенных веществ, а в продолжение 6 следующих часов дополнительно лишь 33,2%.¹

Проведенные опыты в условиях горизонтального отстойного бассейна указывают определенно на то, что:

1. В начале отстойного бассейна будет выпадать значительно больше взвешенных веществ, чем на дальнейшей длине его, а потому и форма дна отстойника должна быть такова, чтобы выпавшие осадки впредь до их удаления из отстойника не препятствовали бы дальнейшей работе отстойного бассейна; иными словами, характер дна бассейна должен походить на кривую $S = f(t)$, т. е. в начале бассейна должно быть углубление для размещения основной массы оседающих взвешенных веществ, а в дальнейшем бассейну должен быть придан уклонообратный движению воды, что гарантирует определенную глубину для самого потока сточной воды;

2. Время отстоя t не должно быть чрезвычайно большим, так как увеличение этого времени, не давая практически ощутимых результатов в смысле повышения результатов отстаивания, ведет все же к значительному увеличению емкости отстойного бассейна, а следовательно, и к его удорожанию.

На основании вышеприведенных опытов Штейернагель построил в гор. Кельне отстойный бассейн длиной в 45,0 м., придав дну его уклон обратный движению воды, и устроив в начале бассейна углубление для приема осаждающихся частиц.

В этом бассейне были изучены вопросы влияния скорости движения сточной воды на характер осаждения взвешенных веществ, влияние на интенсивность осаждения глубины сточной воды в отстойнике, расположение заилений по длине отстойника, характер самих осадков и пр.

Некоторые данные результатов опытов приведены в таблице 7.²

Т а б л и ц а 7

v — средняя скорость движения воды в мм/с в отстойнике	t — продолжительность осаждения в минутах	Осветлительный эффект в %	% содержания воды в осадке
4	187,5	72,3	95,57
20	37,5	69,08	92,87
40	18,75	58,9	91,34

¹ Teschner W., „Abwasser-Hauskläranlagen“, 1931.

² Дунбар, проф., Очистка сточных вод, 1910.

На основании данных Штейернагеля можно прийти к следующим выводам:

1. Скорость отстаивания влияет на эффект осветления. Однако, эффект осветления не изменяется обратно увеличению скорости в той же пропорции, как изменяется скорость.

Так, при скорости в 4 мм/с—эффект осветления составляет 72,3%, при скорости в 20 мм/с, т. е. в пять раз большей,—эффект осветления составляет 69,08%, т. е. уменьшается всего 3,22%.

В дальнейшем, при увеличении скорости, влияние последней начинает сказываться все сильнее.

Действительно, если принять минимальную скорость вертикального осаждения частиц равной U_0 (гидравлическая величина частиц),¹ а горизонтальную скорость движения воды в отстойнике V , то эти скорости поведут к осаждению частиц до определенных минимальных размеров.

Следуя по Стоксу (Stocks)

$$U_0 = Cd^2,$$

где C коэффициент, а d — диаметр частицы. При размерах отстойника: длине его l и глубине воды в нем h , существует следующая зависимость, обеспечивающая выпадение частиц в отстойнике:

$$\frac{U_0}{V} = \frac{h}{l}$$

или

$$U_0 = V \frac{h}{l}.$$

При увеличении горизонтальной скорости движения V и постоянных размерах отстойника должна увеличиться и вертикальная скорость осаждения U_0 , так как размеры отстойника остаются неизменными.

U_0 , как указано выше, равно Cd^2 , следовательно, при увеличении U_0 должны увеличиться размеры минимальных частиц на величину равную корню квадратному из величины отношения новой горизонтальной скорости отстаивания V_2 и прежней скорости отстаивания V_1 .

Очевидно, чем крупнее будет размер минимальных частиц, осаждающихся в отстойнике, тем меньше осядет в отстойнике ила.

Состав сточных вод не дает права так просто рассматривать схему осаждения, благодаря наличию в сточной воде частиц далеко нешарообразных, что не позволяет непосредственно применять формулу Стокса, кроме того и самые размеры частиц сравнительно велики. (Формула Стокса справедлива для d не больше 0,1—0,15 мм).

Но картина явления с достаточной очевидностью может быть изображена указанной нами моделью движения.

2. Содержание воды в осадках уменьшается в связи с увеличением скорости отстаивания, что должно быть объяснено увеличением размера осаждающихся частиц при увеличивающейся скорости, а следовательно, уменьшением суммарной поверхности частиц, удерживающих влагу.

3. По данным Штейернагеля при скорости течения в 4 мм/сек, осаждение взвешенных веществ достигает 72,31%, а при скорости в 20 мм/сек — 69,08%; при увеличении скорости до 40 мм/сек получается только 58,9% осаждения.

Если принять при скорости $V = 4$ мм/с и содержании воды 95,57% объем осадков с водой за единицу, то при скорости $V = 20$ мм/с и содержании воды в 92,87% получим относительный объем равным

$$\frac{69,08(100 - 95,57)}{72,31(100 - 92,87)} = 0,595,$$

¹ Гензев Н. Н., проф., Краткий курс водоснабжения, 1931.

а при скорости $V = 40 \text{ мм/с}$ и содержании воды в 91,34% относительный объем будет равным лишь

$$\frac{58,9(100 - 95,57)}{72,31(100 - 91,34)} = 0,417.$$

Однако, при пересчете на сухое вещество картина получится несколько иная.

Если принять, что при скорости $V = 4 \text{ мм/с}$ осядет объем сухого осадка равный единице, то при скорости $V = 20 \text{ мм/с}$ — относительный объем сухого осадка будет уже 0,955, а при скорости $V = 40 \text{ мм/с}$ только 0,813. Действительно, при содержании воды в 95,57%, сухое вещество составляет лишь 4,43%, при содержании воды в 92,87% — 7,13% и, наконец, при содержании воды в 91,34% — 8,66%.

Учитывая уменьшение объема осадков с водой при увеличении скорости протекания (1,0 — 0,595 — 0,417), получим действительный относительный объем сухого вещества при скорости в 20 мм/сек —

$$\frac{7,13 \times 0,595}{4,43} = 0,955,$$

а при скорости в 40 мм/сек —

$$\frac{8,66 \times 0,417}{4,43} = 0,813.$$

4. Влияние увеличения глубины отстойника сказывается на уменьшении эффекта осаждения.

Действительно,

$$U_0 = V \frac{h}{l};$$

при увеличении величины h увеличивается пропорционально и величина U_0 — вертикальная скорость осаждения частиц, т. е. уменьшается число осаждающихся в отстойнике более мелких частиц.

Количественно картина заимствована нами из вышеприведенных данных Штейернагеля (таблица 8).

Таблица 8
Количество осадков в %

Длина участков бассейна в м	0—3	3—6	6—10	10—15	15—20	20—30	30—45	45—60	60—80
$v = 4 \text{ мм/с}$	$h = 1,0 \text{ м}$	60,5	65,2	67,2	68,3	69,4	71,8	75,1	78,1
	$h = 2,0 \text{ м}$	52,0	60,5	63,7	66,6	67,2	68,3	70,1	74,3
Уменьш. эффекта осажд. в %	14,0	7,2	5,2	2,7	3,0	4,0	6,8	6,1	4,8
$v = 20,0$	$h = 1,0 \text{ м}$	41,8	49,2	56,0	60,5	62,3	65,2	66,9	67,6
	$h = 2,0 \text{ м}$	32,7	41,8	47,0	52,0	56,0	60,5	63,0	65,2
Уменьш. эффекта осажд. в %	21,7	15,0	16,2	14,0	10,6	7,5	5,4	3,4	0,6

Приведенные данные позволяют сделать вывод, что эффект осаждения особенно резко уменьшается при коротких отстойниках, если от глубины $h = 1,0 \text{ м}$ перейти к глубине $h = 2,0 \text{ м}$.

Примечание: Подсчитанные нами в % уменьшения эффекта осаждения говорят о том, что работа Штейернагеля не была произведена с достаточной тщательностью, цифры дают общую закономерность, но по отдельным точкам они не могут быть объяснены ничем иным, как отсутствием тщательных измерений.

Ниже мы приводим полные таблицы Штейернагеля: таблицу 9 для $h = 1,0$ м и таблицу 10 для $h = 2,0$ м.

Таблица 9
 $h = 1,0$ м

Длина участков бассейна	в м	0-3	3-6	6-10	10-15	15-20	20-30	30-45	45-60	60-80
Количество осадков при $v = 4$ мм/сек	м ³	3,46	0,29	0,11	0,06	0,06	0,14	0,19	0,07	0,1
	%	60,5	65,2	67,2	68,3	69,4	71,8	75,1	76,4	78,1
$v = 20$ мм/сек	м ³	1,55	0,274	0,251	0,166	0,067	0,107	0,063	0,026	0,037
	%	41,8	49,2	56,0	60,5	62,3	65,2	66,9	67,6	68,6
$v = 40$ мм/сек	м ³	0,954	0,265	0,152	0,146	0,117	0,131	0,073	0,064	0,093
	%	32,7	41,8	47,0	52,0	56,0	60,5	63,0	65,2	68,4

Таблица 10
 $h = 2,0$ м

Длина участков бассейна	в м	0-8	3-6	6-10	10-15	15-20	22-30	30-45	45-60	60-80
Количество осадков в % $v = 4,0$ мм/сек	м ³	2,97	0,486	0,183	0,166	0,034	0,063	0,103	0,103	0,139
	%	52,0	60,5	63,7	66,6	67,2	68,3	70,1	71,9	74,8
$v = 20,0$ мм/сек	м ³	1,262	0,351	0,2	0,193	0,154	0,74	0,066	0,085	0,163
	%	32,7	41,8	47,0	52,0	56,0	60,5	63,0	65,2	68,4
$v = 40,0$ мм/сек	м ³	0,826	0,221	0,234	0,122	0,102	0,160	0,173	0,1	0,058
	%	25,8	32,7	40,0	43,8	47,0	52,0	57,4	60,5	62,3

Обычно, расчет отстойного бассейна по Штейернагелю сводится к определению основных размеров и очертанию дна бассейна (расчет осадочной и иловой частей).

При пользовании данными Штейернагеля следует, конечно, смотреть на них, как на материал, дающий возможность определить интересующие величины только с известной степенью приближения.

Таблицы Штейернагеля даны для суточного расхода равного 1000 м^3 на 1 пог. м ширины отстойника.

При разрешении конкретных заданий твердо определенным является расход сточных вод в м^3 в сутки — $Q \text{ м}^3/\text{сутки}$.

Установив желательную степень осветления (осаждения), по таблицам Штейернагеля, можно определить для различных скоростей v — ширину отстойника B и высоту его h при длине l (как функции % осаждения скорости и глубины).

Из шести получаемых решений для B и l

Таблица 11

При	$v = 4,0$ мм/сек	$v = 20,0$ мм/сек	$v = 40,0$ мм/сек
$h_1 = 1,0$ м	$B_1 - l_1$	$B_3 - l_3$	$B_5 - l_5$
$h = 2,0$ м	$B_2 - l_2$	$B_4 - l_4$	$B_6 - l_6$

выбирают то из них, которое дает наиболее целесообразное разрешение вопроса в смысле соотношения между длиной отстойного бассейна l и шириной его B .

Обычно принимают отношение $\frac{l}{B}$ от 4 до 10.

Установив размеры B и l осадочной части, а следовательно, и h и v , переходят к расчету иловой части — к построению очертания дна отстойного бассейна, для чего необходимо знать, как часто бассейн будет очищаться.

С целью недопущения загнивания ила в бассейне срок пребывания ила в бассейне не следует брать более 2—3 суток, это ведет также и к уменьшению стоимости отстойного бассейна. Назовем период между очистками отстойника в сутках — n .

Для пользования таблицами Штейернагеля необходимо еще знать количество суточных сточных вод, приходящихся на единицу ширины отстойного бассейна

$$q = \frac{Q}{B}$$

Отношение q к $1000 \text{ м}^3/\text{сутки}$ примем равным a .

Тогда кубатура осаждающегося ила с водой по длине отстойника определится данными соответствующей таблицы Штейернагеля, умноженными на $a \cdot n$, а высота слоя осадков, определяющего криволинейное очертание дна,

$$h = \frac{\text{количеству осадков}}{\text{длину соответств. участка.}}$$

Для иллюстрации вышесказанного приведем пример.

Пример: Определить основные размеры отстойного бассейна для обслуживания 50 000 человек. Норма водопотребления 100 л/сутки на человека. Эффект осветления — 68%.

Суточный расход $Q_{\text{сут}} = 50000 \times 100 = 500000 \text{ л/сутки} = 5000 \text{ м}^3/\text{сутки}$.

Секундный расход $Q_{\text{сек}} = \frac{3000}{86400} = 0,058 \text{ м}^3/\text{сек} = 58 \text{ л/сек}$.

Далее, по степени осветления — 68% — определяем по различным вариантам B и l , (таблица 12):

Т а б л и ц а 12

пря	$v = 4,0 \text{ мм/с}$	$v = 20,0 \text{ мм/с}$	$v = 40,0 \text{ мм/с}$
$h_1 = 1,0 \text{ м}$ $h_2 = 2,0 \text{ м}$ $\omega = \frac{Qc}{v}$	$l_1 = 13,5 \text{ м}$ $B_1 = 14,5 \text{ м}$ $l_2 = 27,0 \text{ м}$ $B_2 = 7,25 \text{ м}$ $\omega = 14,5 \text{ м}^2$	$l_3 = 68,0 \text{ м}$ $B_3 = 2,9 \text{ м}$ $l_4 = 77,5 \text{ м}$ $B_4 = 1,45 \text{ м}$ $\omega = 2,9 \text{ м}^2$	$l_5 = 77,5 \text{ м}$ $B_5 = 1,45 \text{ м}$ $l_6 = B_6 = 0,72 \text{ м}$ $\omega = 1,45 \text{ м}^2$

Длина отстойника l при заданной степени осветления определена из таблиц Штейернагеля путем интерполяции. Так, при $h = 1,0 \text{ м}$ и $v = 4 \text{ мм/сек}$ — $l = 13,6 \text{ м}$ исходя из условия, что при длине в 10 м осветление составит 67,2%, а при длине в 15 м — 68,3%. Заданному осветлению в 68,0% соответствует длина

$$l = 10,0 + \frac{(15 - 10)(68,0 - 67,2)}{(68,3 - 67,2)} = 10,0 + 3,6 = 13,6 \text{ м.}$$

Из полученных возможных решений следует остановиться на варианте втором:

$$v = 4,0 \text{ мм/с}, h = 2,00 \text{ м}, l = 27,0 \text{ м} \text{ и } B = 7,28 \text{ м},$$

как удовлетворяющем условию наивыгодного отношения l к B в пределах от 4 до 10. В нашем примере $l:B = 27,0:7,28 \cong 4$.

Время пребывания в отстойнике

$$T = \frac{l}{v} = \frac{27,00}{0,004} = 6750 \text{ сек} = 1 \text{ час } 53 \text{ минуты.}$$

Очистку отстойника от ила будем производить ежедневно — $n = 1$.

$$q = \frac{Q}{B} = \frac{5000}{7,25} = 690 \text{ м}^3/\text{сутки},$$

а следовательно коэффициент

$$a = \frac{q}{1000} = \frac{690}{1000} = 0,69.$$

По таблице первой (для $h = 2,0 \text{ м}$), определяем заиления в м^3 , умножив числа предварительно на $n \ a = 1 \times 0,69 = 0,69$.

Длина участка м 0—3 3—6 6—10 10—15 15—20 20—27.

Объем ила в м^3 2,05 0,335 0,126 0,114 0,023 0,03, а разделив на длину каждого из участков, получим соответствующую высоту слоя ила с водой в м :

h в м 0,68 0,112 0,032 0,023 0,005 0,004.

На основании полученных результатов, построим кривую очертания дна отстойного бассейна (рис. 56):

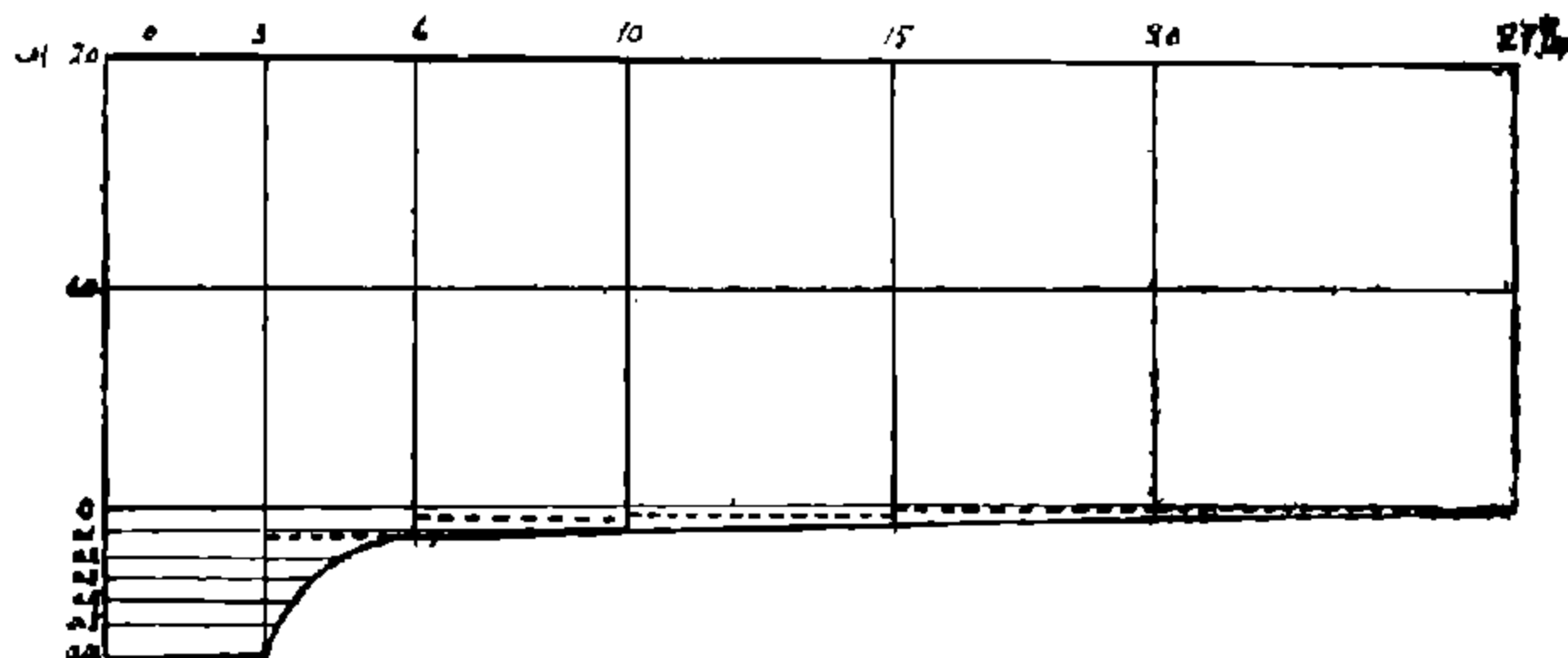


Рис. 56. Кривая очертания дна горизонтального отстойника.

Ныне, в связи с нарастающим снова интересом к горизонтальным отстойникам, изучением их занялся ряд лиц. Ниже мы приводим данные из работы проф. Штреля (Strell) и инж. Амбергера (Amberger).¹

По их данным уменьшение концентрации сточных вод, характер самой канализации и проч. могут несколько изменить Штейернагелевскую кривую осаждения.

Проф. Штрель и инж. Амбергер дают следующий график кривых осаждения: кривая a соответствует опытам Штейернагеля, кривая b показывает более равномерный ход осаждения в зависимости от изменившегося состава сточных вод (рис. 57).

На основании анализов ила по данным осаждения Штрель и Амбергер приводят таблицу содержания влаги и сухого вещества в иле (осаждающихся веществах).

Время отстаивания принимается вышеуказанными авторами в 1,5 часа = 90 минут (таблица 13):

¹ Strell M. und Amberger O., Der Uebergang zum Flachbecken mit maschlener Schlammabreinigung bei Städtischen Grosskläranlagen, 1932.

Таблица 13

Промежуток времени в минутах	Содержание твердых частиц в %	Содержание воды в %
0 — 10	10,00	90,00
10 — 20	4,74	95,26
20 — 30	2,60	97,40
30 — 40	2,04	97,96
40 — 50	1,58	98,42
50 — 60	0,81	99,19
60 — 70	0,53	99,47
70 — 80	0,35	99,65
80 — 90	0,30	99,70

На основании данных последней таблицы и кривых осадения может быть определено очертание дна отстойного бассейна при установленном периоде очистки, принимаемом в современных отстойных бассейнах, снабженных механизмами для удаления осадков, равным одним суткам.

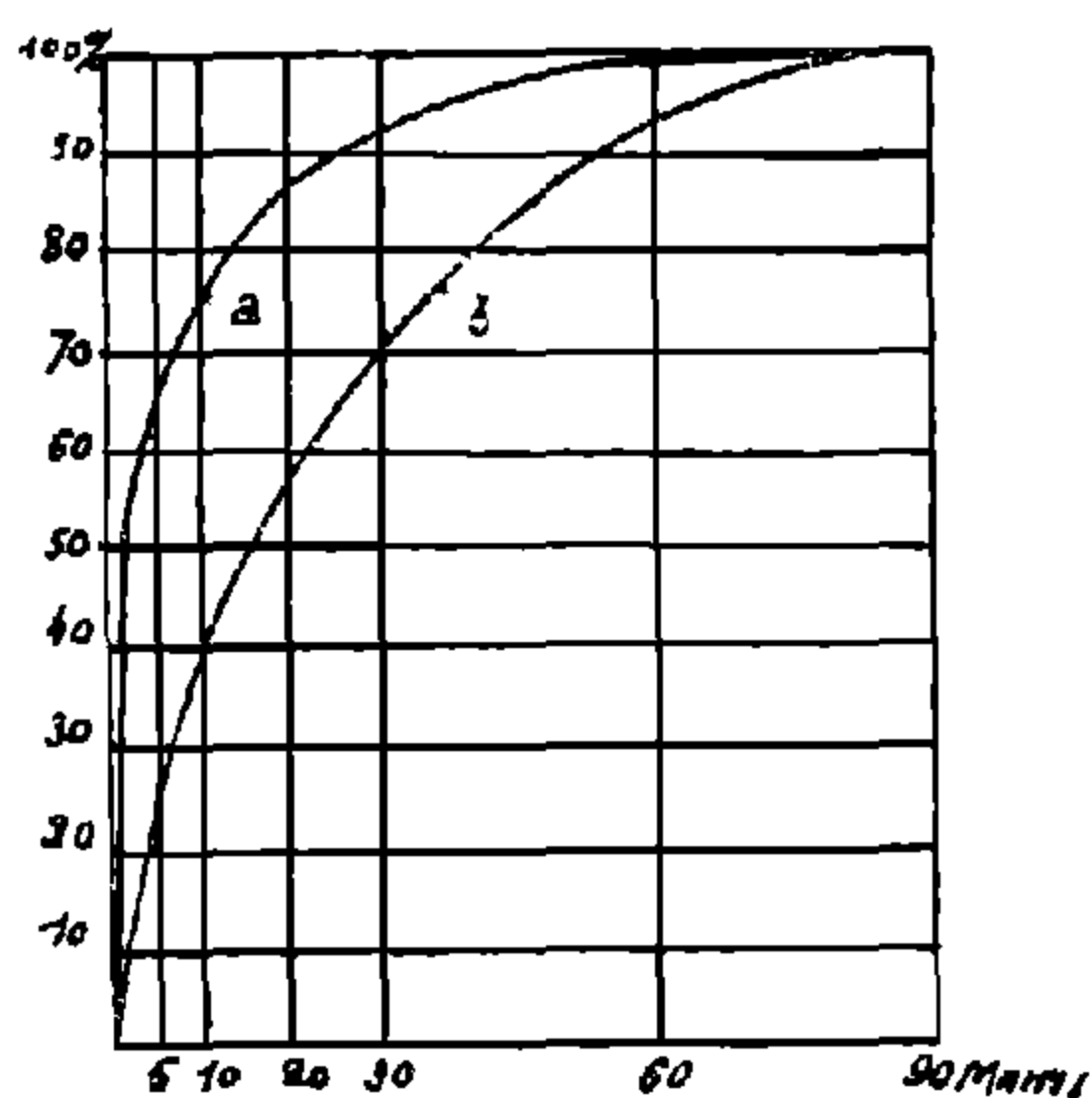


Рис. 57. Зависимость эффекта осветления от времени (по Штрелю и Амбергера)

Скорость в горизонтальных отстойниках принимают в пределах от 4,0 мм/сек и до 15,0 мм/сек, время отстаивания от 1 часа до 2 часов.

НККХ РСФСР установлены следующие расчетные нормы для горизонтальных отстойников:

а) время отстоя 1 час по максимальному расходу;

б) расчетная глубина отстойника от поверхности воды не более 1 м;

в) количество выпадающего ила с влажностью 95% на одного чел. в сутки 0,7 л;

г) удаление ила из отстойников не реже чем через 5 дней;

д) нейтральный слой между расчетной глубиной протока и поверхностью ила 0,5 м;

е) уклон дна не менее 0,01 (при отсутствии механизации уборки ила);

ж) отношение длины отстойника к ширине не менее 4;

з) скорость движения жидкости в отстойнике не более 5 мм/сек (по максимальному расходу).

Приведем в виде примера заимствованный нами у Штреля и Амбергера расчет иловой части горизонтального отстойника.

Пример: определить очертание дна горизонтального отстойника для обслуживания 50000 жителей, исходя из следующих условий: длина отстойника 36,8 м (что при времени отстаивания $t = 90$ минутам дает скорость $v = 6,83$ мм/сек), ширина $B = 8,5$ м и глубина $h = 2,0$ м.

Количество выпадающих твердых веществ на жителя 50 г. Среднее содержание воды в осевшем в отстойнике иле 95%, тогда суточное количество свежего ила с водой составит

$$\frac{50 \times 50\,000 \times 100}{1000 \times 1000 \times 5} = 50 \text{ м}^3.$$

Площадь зеркала воды в отстойнике, приходящаяся на каждые 10 минут времени протекания сточной воды,

$$\frac{36,8 \times 8,5}{9} = 3,485 \text{ м}^2.$$

(То же получим

$$F = V \times B \times 10 \times 60 = 0,00683 \times 8,5 \times 10 \times 60 = 34,73 \text{ м}^2$$

Результаты подсчетов сводим в таблицу 14.

Т а б л и ц а 14

Время осажде- ния в минутах	Площадь в м ²	Осаждающее ко- личество ве- ществ на чел. в г ^а	Содержание в осадке тверд. веществ в %	Ил на человека в см ³ в сутки	Ил на 50000 жителей в м ³ в сутки	Высота ила в м за сутки
10	34,85	36,85	10,00	368,5	18,40	0,53
20	34,85	6,40	4,74	135,0	6,75	0,19
30	34,85	2,60	2,6	100,0	5,00	0,14
40	34,85	1,75	2,74	86,0	4,30	0,12
50	34,85	1,15	1,58	73,0	3,65	0,11
60	34,85	0,60	1,81	74,0	3,70	0,11
70	34,85	0,30	0,53	57,0	2,85	0,08
80	34,85	0,20	0,35	57,0	2,85	0,08
90	34,85	0,15	0,30	50,0	2,50	0,07

*по кривой *a* — кривой Штейернагеля

Ниже мы приводим рис. 58, изображающий очертание дна отстойного бассейна, как на основании вычисленных накоплений ила в течение суток, так и для кривых осаждения *a* и *b* при среднем содержании влаги в 95%.

Приведенные выше методы расчета горизонтальных отстойников по Штейернагелю или Штрелю и Амберггеру не учитывают характера действительного движения жидкости в отстойнике.

Струя обычно не заполняет всего сечения потока, а движется лишь в части его, что, конечно, ведет к увеличению действительных скоростей течения до 5-ти, а иногда и более раз, а, следовательно, и к уменьшению эффекта осветления.

Движение потока по всей ширине отстойника достигается сравнительно просто, — устройством в начале отстойника водосливного лотка, дающего возможность распределить расход более или менее равномерно по всей ширине отстойника.

Значительно сложнее добиться равномерного распределения потока по высоте отстойника. Тут имеют значение температурные условия, освещенные трудами проф. В. А. Дроздова для горизонтальных отстойников водопроводного типа. Влияние температуры безусловно сказывается и на условиях работы канализационных отстойников.

Кроме температурных условий чрезвычайно важное значение имеет величина потока и конструкция самого отстойника, его входного и выходного отверстий, образуемых водосливами лотков и плавающими ребрами (стенками).

Для иллюстрации сказанного сошлемся на работу инж. Жукова.¹

Инж. Жуков изучил движение сточной воды кожевенных заводов и пришел к нижеследующему заключению. В большинстве случаев „правильно“ рассчитанные сооружения в эксплуатации дают весьма низкий эффект работы, подверженный при том значительным колебаниям.

¹ Жуков А. И., инж., Работа горизонтальных отстойников и их расчет, 1930.

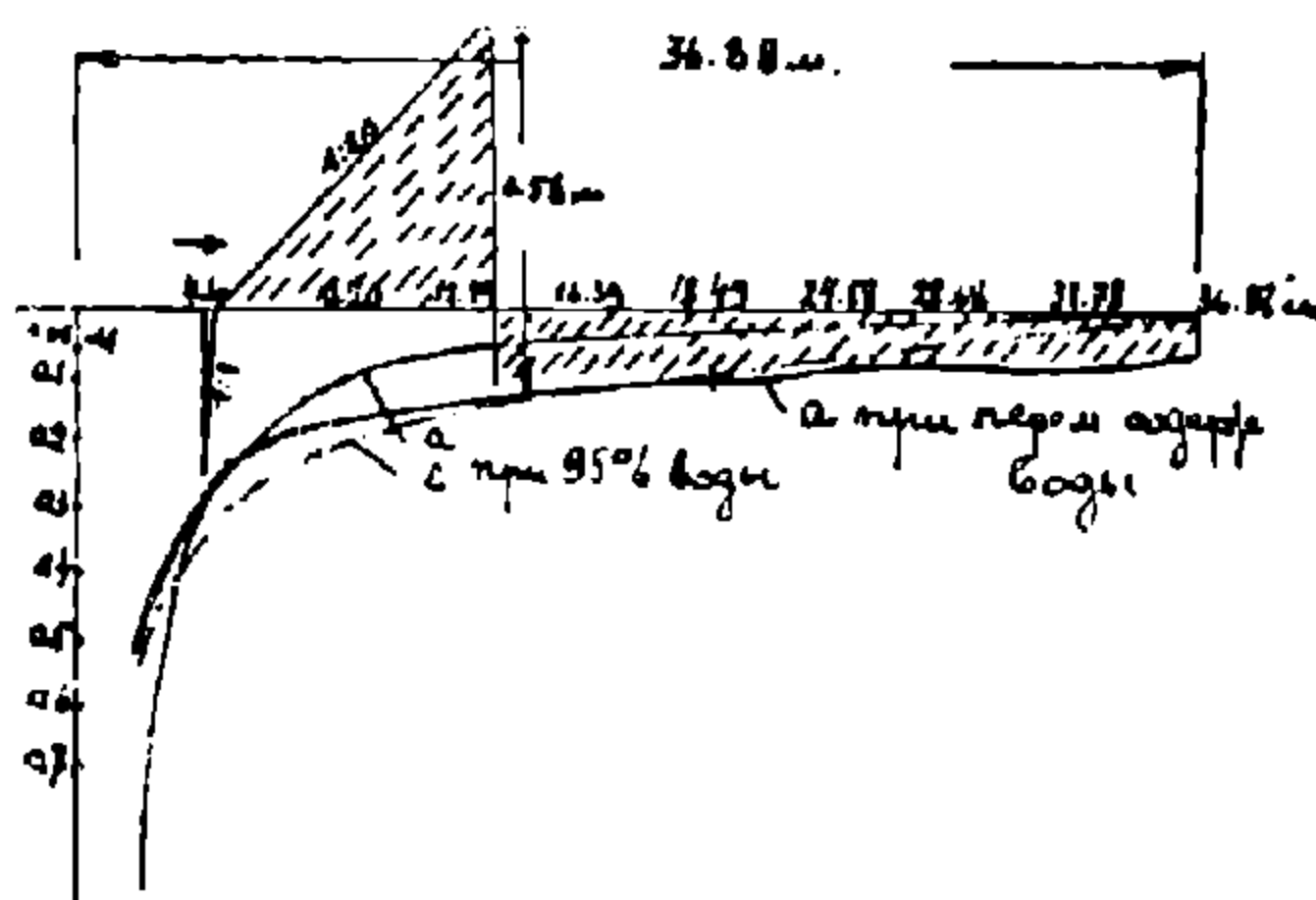


Рис. 58. Кривая очертания дна горизонтального отстойника.

Указанное положение инж. Жуков объясняет ошибочностью допущений, принимаемых обычно при расчете горизонтальных отстойников:

а) тождественность условий выпадения осадка из спокойно стоящей воды в лабораторных условиях и в условиях действительных; к сожалению, это условие в действительности совершенно не оправдывается;

б) равным образом не оправдывается получение более или менее равномерных скоростей по всей высоте отстойника.

Наблюдения над работой существующих отстойников показали:

а) в значительной степени замедленное, против лабораторных условий, выпадение осадков,

б) резко выраженную струйность — проток, а не вытеснение уже отстаивающейся жидкости жидкостью вновь поступающей,

в) зависимость высоты рабочей струи, главным образом, от конструкции входного и выходного лотков отстойника.

На основании изложенного Жуков предлагает производить расчет осадочной части отстойника исходя из следующих основных предпосылок.

Так как в отстойнике сточная жидкость проходит явно выраженной струей, чаще всего незначительной мощности, то и при определении времени отстаивания t должна приниматься в расчет не средняя глубина отстойника, а только высота рабочего слоя (высота струи).

Если обозначить буквой h — высоту рабочего слоя, буквой H — полную высоту осадочной части отстойника, буквой t — необходимое время отстаивания, исходя из высоты h , а T — то же при высоте H , то существует такая пропорциональность:

$$\frac{T}{t} = K \frac{H}{h},$$

где K — коэффициент пропорциональности = 0,67 — 0,77.

Отсюда

$$t = \frac{T \cdot h}{H \cdot K}.$$

Высота рабочего слоя зависит только от конструкции отстойника, главным образом, от конструкции и размеров выходного отверстия.

Инж. Шпилев еще более определенно говорит о зависимости толщины рабочего слоя воды от конструкции отстойника.¹

Как видно из чертежа отстойника, вода выходит из него через щель, образованную заградительной доской и стенкой выходного лотка. Толщина слоя проходящей воды обуславливается именно этой шириной выходного отверстия, при разных расходах переменной величиной является скорость движения.

Влияние температурных условий на рабочий слой потока инж. Жуков определяет так:²

Когда температура вновь поступающей воды выше или ниже средней температуры отстойника, в силу разницы удельных весов, поступающая вода будет стремиться или подняться ближе к поверхности, или опуститься на дно. В этом случае ядро движущегося слоя будет отклоняться к траектории S_1 и S_3 (рис. 59). Величина этого отклонения должна иметь максимум в начале отстойника, где будет наблюдаться наибольшая разница между температурами, а следовательно, и вертикальными составляющими и поступательной скоростью в отстойнике.

Дальше, вертикальные токи с усреднением температуры будут прибли-

¹ Шпилев Д. И., инж., Опыты по определению движения воды в отстойниках беспрепятственного действия, 1930.

² Жуков А. И., инж., Работа горизонтальных отстойников и их расчет, 1930.

жаться к нулю, а основной движущийся слой пойдет по пути S_2 с наибольшей скоростью. Следовательно, температурные условия могут только изменить место положения оси струи, нисколько не меняя ее мощности по высоте.



Рис. 59. Продольный разрез по горизонтальному отстойнику.

Изложенное с достаточной определенностью говорит о том, что устраивать отстойники большой глубины бесполезно, так как это помимо больших капиталовложений никакого эффекта не дает.

Практика строительства горизонтальных отстойников знает случаи, когда большая, совершенно излишняя глубина отстойника, вызвала благодаря конструкции входного водослива и плавающей стенки обратный поверхностный ток жидкости, увеличивавший и без того повышенные во много раз против расчетных скорости (отстойник Балахнинского бум-комбината).¹

При определении строительной глубины горизонтальных отстойников нужно учитывать нейтральный слой в 0,5 м между расчетной глубиной отстойника и поверхностью ила.

§ 18

КОНСТРУКЦИИ ОТСТОЙНИКОВ

Отстойники представляют собою резервуары прямоугольной, квадратной, круглой или иной формы, обычно открытые.

Перекрытие отстойников желательно в зимнее время с целью недопущения охлаждения воды, так как падение температуры воды в отстойнике не благоприятствует как дальнейшей биологической очистке осветленной воды, так и обработке выпадающего в отстойнике осадка.

Однако, перекрытие отстойников, занимающих сравнительно большие площади, вызывает чрезвычайные расходы и потому обычно не применяется.

С целью предохранения сточной воды от охлаждения желательно в зимнее время перекрывать отстойники досками, защищающими воду от мороза и снега.

Конструкция самих отстойников благоприятствует возможности такого временного защитного перекрытия.

С точки зрения санитарной, особой необходимости в перекрытии отстойников нет.

Основными материалами для сооружения отстойников являются кирпич (специально повышенного качества — железняк или полужелезняк), бетон и железобетон. При строительстве отстойников, как и вообще канализационных сооружений, может быть использован и местный камень (песчаник, известняк). Опыт Одесской канализации говорит о том, что сооружения из местного камня (известняка), покрытые соответствующей цементной штукатуркой, толщиной в 15-20 мм., служат в течение десятков лет, не вызывая никаких опасений за целостность и сохранность сооружений.

В современных отстойниках с целью равномерного распределения сточной воды по всей ширине отстойника и получения надлежащего эффекта очист-

¹ Жуков А. И., инж., Работа и расчет ловушек Файта и фильтров Вольфа, 1932.

ки, — выпуск воды осуществляют лотком, расположенным по всей ширине отстойника, с водосливным ребром, при чем пуск воды в лотки отстойников регулируется задвижками, установленными на отводах, соединяющих наружные лотки с лотками отстойников.

Так как высота слоя переливающейся через водослив воды сравнительно не велика, надлежит уделять особое внимание горизонтальности ребра водослива с целью получения правильного распределения воды по ширине отстойника.

С этой же целью желательно придавать разводящим лоткам в отстойнике суженную, от середины к боковым стенам отстойника, форму.

На трубах и закрытых каналах, применявшихся раньше для ввода сточной воды в отстойник, и перекрывавшихся особыми шиберами и задвижками, мы останавливаться не будем вследствие нерациональности этого способа и дорогих затрат применяющейся при нем арматуры.

За лотком, на некотором расстоянии от него, устанавливается, обычно, плавающее ребро (стенка), отклоняющее вступающую в отстойник поверхностную струю вглубь его. Плавающее ребро устраивается глубиной от 0,5 до 1,0 м ниже поверхности воды.

Опыт применения более глубоких плавающих входных ребер показал, что они не способствуют работе отстойника всем сечением, а отжимают входящую в отстойник струю ко дну его, что не благоприятствует эффекту осаждения.

Расстояние плавающего ребра, направляющего струю, от водослива определяется в пределах 0,75—2,00 м.

В конце отстойника устанавливается снова плавающее ребро, имеющее целью не допускать выноса из отстойника всплывших в отстойнике на поверхность веществ. К этому ребру, обычно, и присоединяют лоток для удаления этих веществ, главным образом, жира.

За плавающим ребром следует водослив с отводным лотком.

Расстояние от плавающего ребра до водосливной стенки у выхода из отстойника принимается от 1,0 м до 2,0 и даже более метров.

Осевший на дне отстойника ил для удаления его из отстойника требует подачи его к углубленной входной части, откуда он уже отводится дальше по трубам.

В горизонтальных отстойниках старого типа эта операция по передвижке ила выполнялась следующим путем. Отстойник выключался из работы. Излишек воды над илом отводился, а оставшийся жидкий ил сползал к входной части, часто, правда, приходилось ручными скребками ил подавать к углубленным частям отстойника.

В качестве иллюстрации горизонтальных отстойников приведем фотографии двух отстойников.

На рисунке 60 изображена входная часть открытого отстойника города Гиссен.

Ширина входного отверстия, перекрытого двумя металлическими щитами, 3,80 м. Высота щитов 2,10 м.

Нижнее отверстие, перекрываемое также металлическим щитом, служит для выпуска осевшего ила.

На рисунке 61 представлена выходная часть закрытого отстойника очистной установки города Франкфурта на Майне.

Для выпуска осветленной воды устроено два узких и длинных отверстия, перекрываемых металлическими щитами, размером $2,0 \times 0,20$ м².

Нижние, круглой формы отверстия, служат для освобождения отстойника от воды перед очисткой его.

Остановимся также на описании Харьковских отстойников.

Перед поступлением на биологические фильтры сточные воды г. Харькова подвергаются предварительному осветлению в отстойных бассейнах, в которых выделяется значительная часть взвешенных веществ.

Очистная станция располагает 4-мя отстойными бассейнами,¹ общей производительностью в 11070 м³ в сутки (по данным на 1930 год). Из отстойных

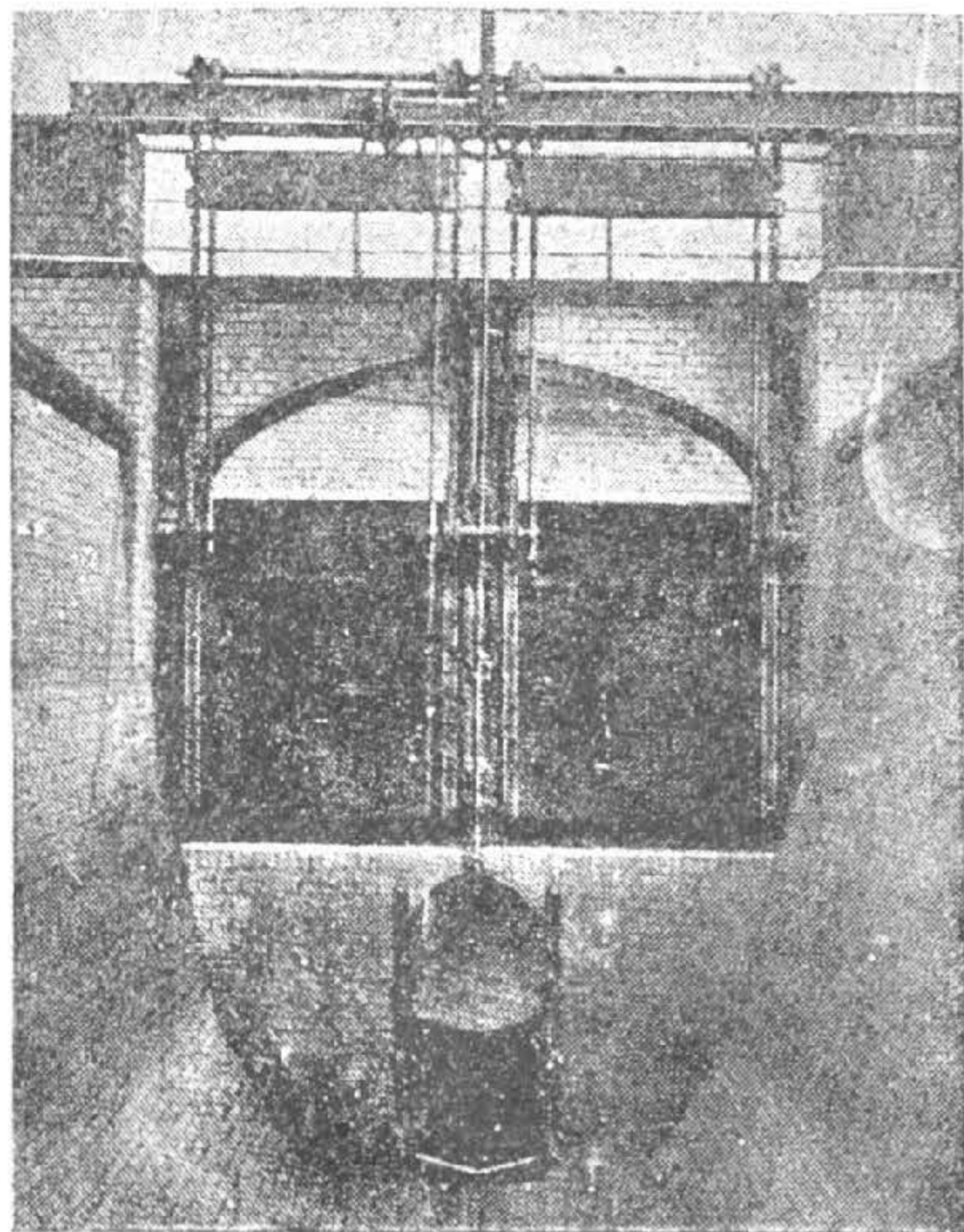


Рис. 60. Входная часть открытого отстойника гор. Гиссен.

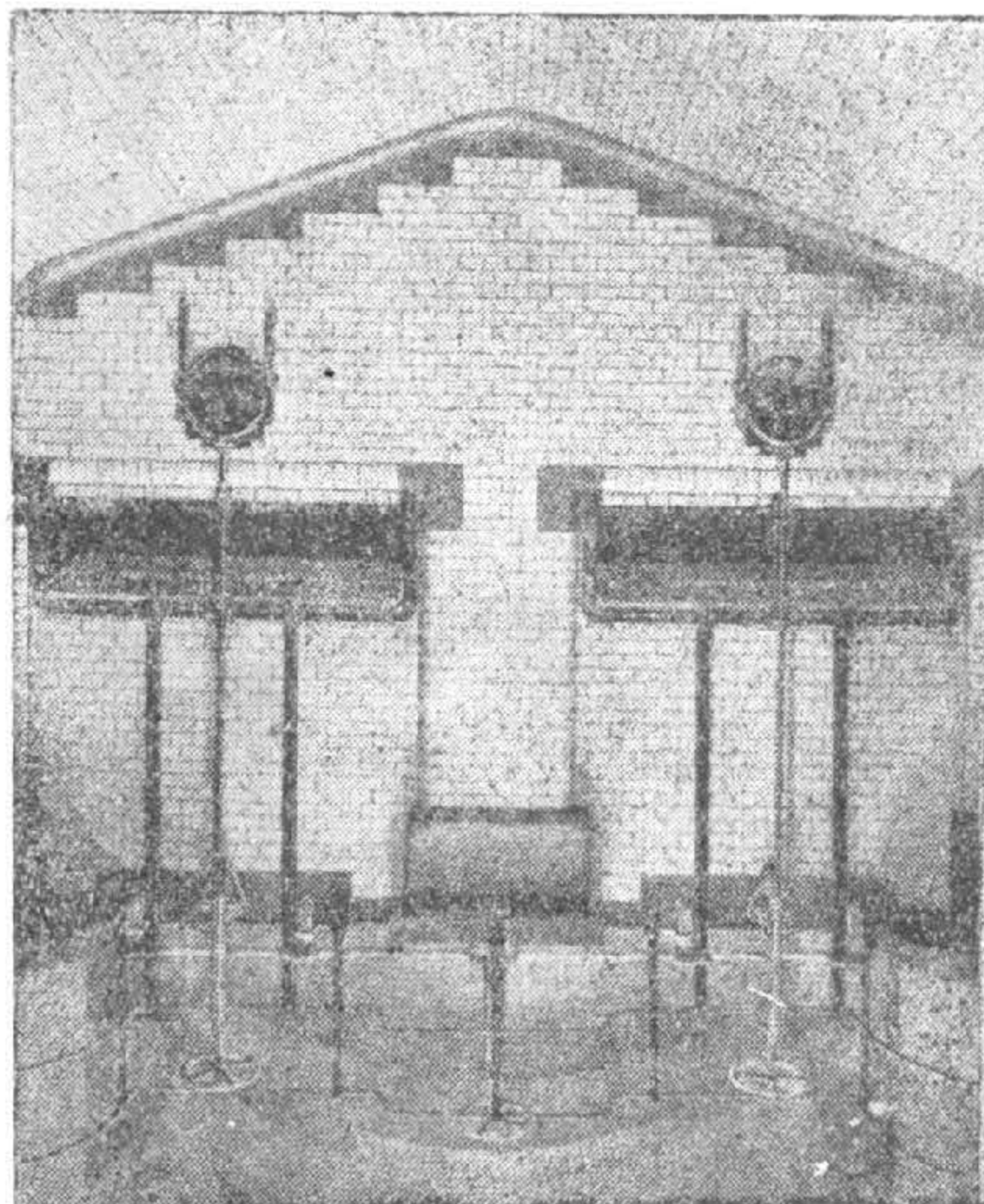


Рис. 61. Выходная часть закрытого отстойника в г. Франкфурте.

бассейнов — три обычных отстойника кельнского типа, производительностью каждый в 2460 м³ в сутки. В кельнских бассейнах сточные воды остаются в течение 8 часов, двигаясь со скоростью 1 мм/сек.

Отстойники железобетонные, длиной в 37,55 м, шириною в 10,03 м. Наименьшая глубина воды в отстойнике, у выходного конца его, 2,5 м. Расстояние плавающего ребра от водослива выходного лотка — 2,25 м. (рис. 62, 63, 64.

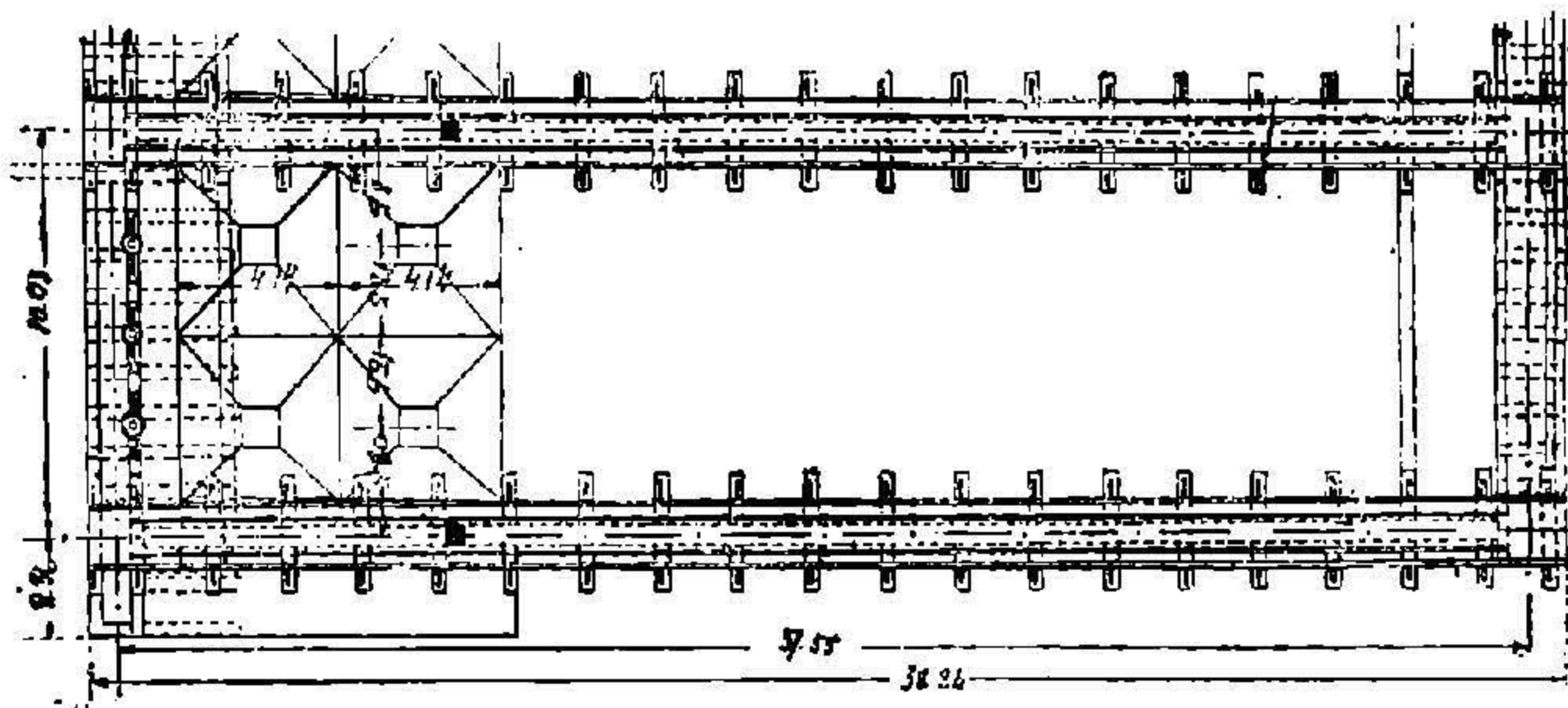


Рис. 62. Отстойник гор. Харькова.
План.

При прохождении через отстойные бассейны сточные воды выделяют легкие взвешенные вещества с большим содержанием жиров, поднимающиеся при медленном движении сточных вод в бассейнах на поверхность воды и образующие здесь корку. Примеси, с удельным весом больше удельного веса воды, садятся на дно бассейнов. Верхняя корка 1-2 раза в неделю сгоняется

¹Черкас Д. С., инж., Канализация гор Харькова.

подвешенной доской к расположенному во входном конце бассейна коркоуловителю, через который поступает в пневматический аппарат Шона для пе-

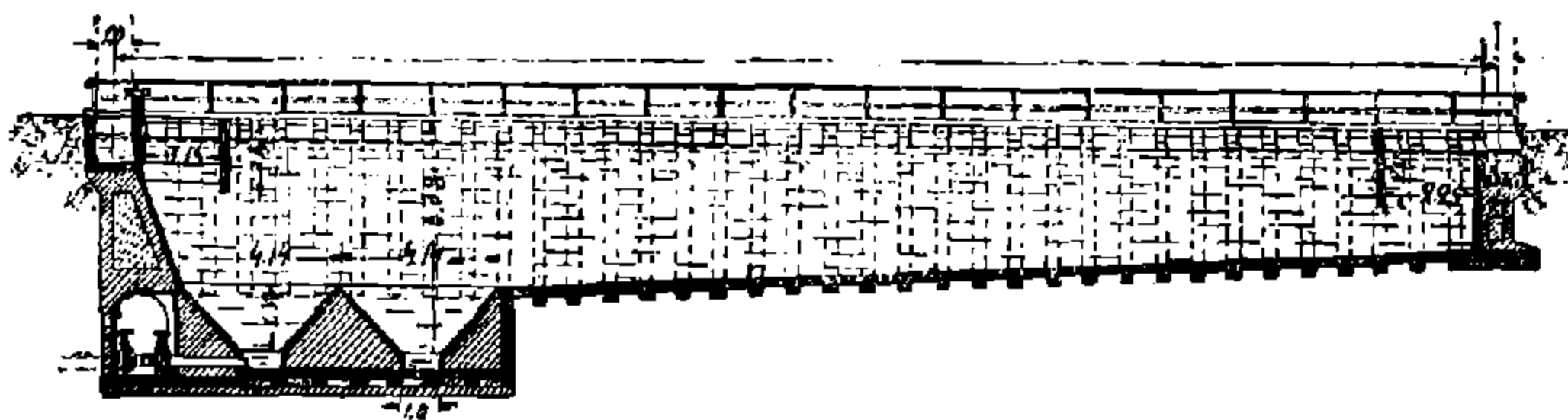


Рис. 63. Отстойник гор. Харькова.
Продольный разрез.

рекачки на площадки для осушки ила. Осадки, скопляющиеся на дне бассейнов, по наклонному дну стекают к воронкам, расположенным также во входных частях бассейнов, и из них откачиваются по системе труб, через каждые 2-3 дня, аппаратом Шона на площадки для просушки.

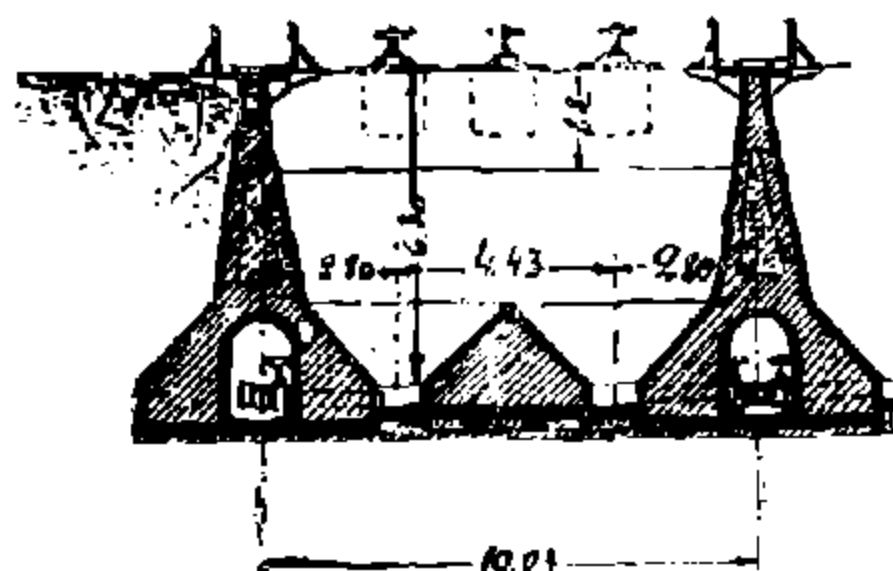


Рис. 64. Отстойник г. Харькова.
Поперечный разрез.

Эффект осветления сточных вод Харьковской канализации при прохождении их через отстойные бассейны виден по годам из таблицы 15.

Цифры таблицы выражают % задержания взвешенных веществ в отстойных бассейнах по отношению к общему количеству взвешенных веществ в сырых стоках.

Т а б л и ц а 15

Процент осаждения взвешенных веществ в отстойных бассейнах

Годы	1916	1917	1918	1919	1920	1921	1922	1923	1924	1925
Эффект	74,6	73,8	72,0	74,8	77,1	77,6	77,1	87,0	82,8	68,3

В таблице 16 приведены данные, с начала эксплуатации очистной станции до 1926 г., о количестве удаленных из отстойников осадков с верхней коркой, выраженных в долях объема, приходящегося на 100 объемов очищаемых сточных вод.

Т а б л и ц а 16

Количество выделенных в отстойных бассейнах осадков в процентах к объему очищенной воды

Годы	1915	1916	1917	1918	1919	1920	1921	1922	1924	1925	1926
Количество	0,3	0,28	0,24	0,22	0,24	0,27	0,37	0,65	0,66	0,5	0,85

Содержание воды в осадках составляет в среднем 90-92%.

В этих отстойниках (Кельнского типа) наблюдаются частые нарушения эффекта очистки вследствие бурных вспышек гнилостного брожения, сопровождаемых вынесением из бассейнов значительных количеств взвешенных веществ.

Это же обстоятельство ведет к насыщению прошедших через бассейны осветленных сточных вод зловонными газами, продуктами гнилостного брожения.

Последнее явление мы объясняем отсутствием в Харьковских отстойниках особых приспособлений (скребков) для удаления всего оседающего ила по всей длине отстойника, остатки которого загнивают, в результате чего и наблюдаются вышеуказанные отрицательные явления.

§ 19

МЕХАНИЧЕСКОЕ УДАЛЕНИЕ ИЛА ИЗ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ПЛОСКИХ ОТСТОЙНИКОВ

Развитие канализационного строительства, укрупнение отдельных очистных сооружений, неблагоприятные местные условия для строительства вертикальных и двухъярусных отстойников, снова вызвало к жизни строительство горизонтальных отстойников, однако уже с механизацией удаления оседающего в отстойнике ила.

Форма горизонтальных отстойников либо прямоугольная, либо круглая. Существует и переходная форма, когда две стороны отстойного бассейна имеют прямолинейную форму, а две другие криволинейную.

Характер движения воды в круглых отстойниках либо радиальный, от центра к периферии, либо вдоль отстойника (по осевому диаметру).

Рассмотрим применяемые для плоских отстойников способы удаления оседающего в них ила¹.

Наиболее простым способом является подвижная дырчатая труба, расположенная у дна отстойника и укрепленная на подвижном мостике, приводимом в движение от руки либо от небольшого мотора (рис. 65).

Обычно этот метод удаления ила применяется для прямоугольных отстойников. Ил при помощи сифонных патрубков передается в особый лоток, находящийся вдоль отстойника, откуда он уже и направляется для дальнейшей обработки.

Указанный метод удаления ила может быть применен и для круглой формы отстойных бассейнов при известной конструкции их.

Основной недостаток удаления ила при помощи подвижной дырчатой трубы в том, что дно отстойного бассейна не остается горизонтальным, а это обстоятельство сказывается на самой возможности применения дырчатых труб, укрепленных на определенной глубине от поверхности воды.

Более распространенным является простой скребок, укрепленный на подвижной тележке.

При широких отстойных бассейнах вместо тележки, как это ясно из рисунка 66, скребок поддерживается двумя направляющими, причем самый скребок и направляющие соединены вполне жестко. При рабочем ходе скребка (против направления движения осветляемой воды) он опущен до дна, при обратном ходе — скребок приподнят.

Скорость движения скребка в целях недопущения взмучивания осевшего

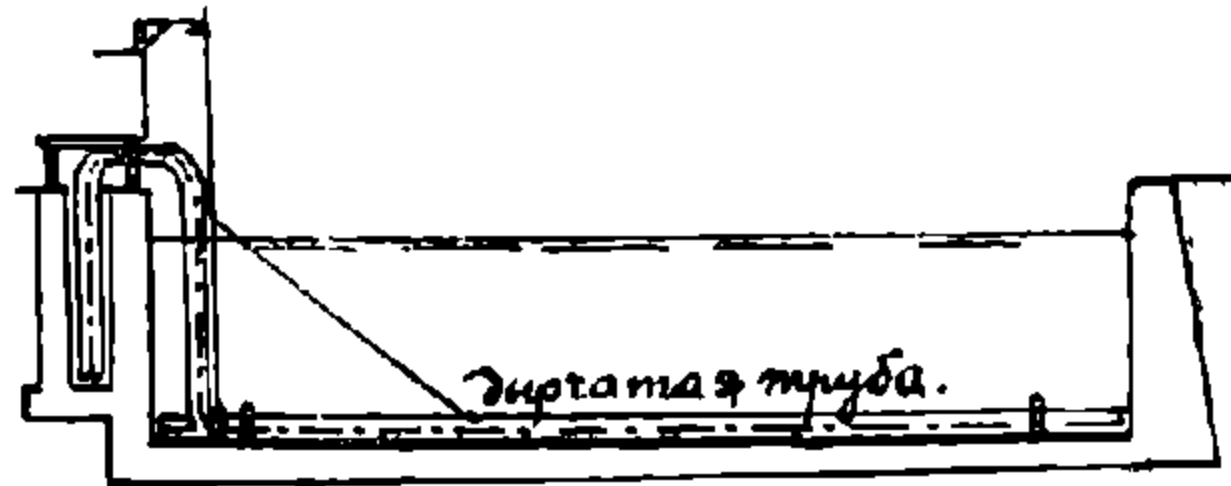


Рис. 65 Схема подвижной дырчатой трубы для удаления ила из отстойника.



Рис. 66. Схема скребка для удаления ила.

¹ Strell M. und Amberger O., Der Uebergang zum Flächenbecken mit maschineller Schammbeseitigung bei städtischen Grosskläranlagen, 1932.

ила не должна превосходить 2 см/сек. Это обстоятельство требует затраты сравнительно большого количества времени на холостой обратный пробег скребка.

Так, при длине отстойного бассейна в 50 м и скорости в 2 см/сек, требуется на этот пробег около 40-45 минут.

С целью избежания холостых пробегов и уменьшения затрат на установку лишних скребков, учитывая наличие на очистной станции не одного отстойника, а ряда их, скребки устанавливаются так, чтобы они могли очищать не один, а два или три отстойника, для чего стенки, ограждающие один отстойный бассейн от другого, устраивают так, чтобы скребок с поддерживающей его конструкцией мог бы быть переводим с одного бассейна в другой.

Так как основная масса ила осаждается в начале отстойника, то, как изложено выше, в начале отстойника устраивается особое углубление.

В случае расположения двух отстойников рядом с одинаковым направлением движения в них сточной воды избежать холостого хода будет нельзя. Поэтому соединяют отстойники по два, давая в них движение воды в противоположном направлении.

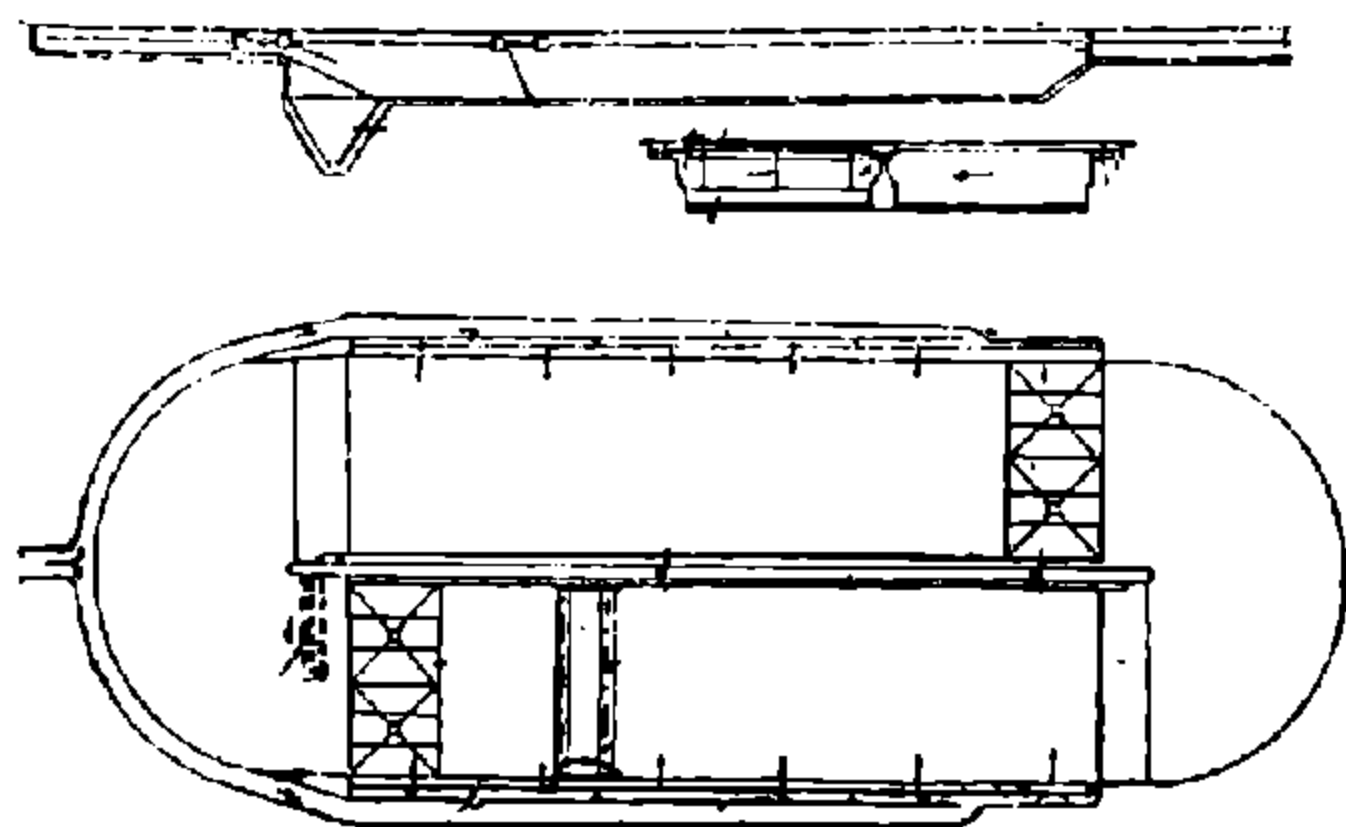


Рис. 67. Схема удаления ила при помощи скребка из парных отстойников.

том, что они должны подавать ил в углубление, расположенное лишь с одной стороны отстойника, а следовательно, скребки должны передвигать всю массу ила, осевшего по всей длине отстойника, к углублению, откуда уже ил удаляется при помощи труб. Содержание воды в иле по данным установки гор. Лейпцига — 90-92%.

Высота скребка может быть определена при принятых периодах удаления ила, концентрации сточных вод, эффекта осветления и характера дна отстойного бассейна, учитывая при этом, что естественный угол откоса ила под водой 1:20.

Высота скребков доходит до 0,75 м и выше. С целью уменьшения высоты скребков необходимо либо чаще производить удаление ила, что невыгодно по экономическим соображениям, либо уменьшить количество ила, передвигаемое одним скребком, путем установки ряда скребков, движущихся один за другим.

На рисунке 68 мы приводим в виде примера схему установки американской фирмы Линк-Бельт (Link-Belt Company).

В качестве примера приводим рисунок 67.

Свежая вода поступает по наружному каналу, расположенному по периметру, а осветленная вода удаляется по внутреннему каналу, расположенному между двумя отстойниками.

С одного и другого концов сооружения установлены рельсы по кривой (полуокружности) для возможности перехода скребка с поддерживающим его устройством из одного бассейна в другой.

Недостаток простых скребков в

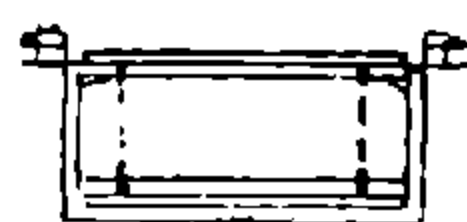
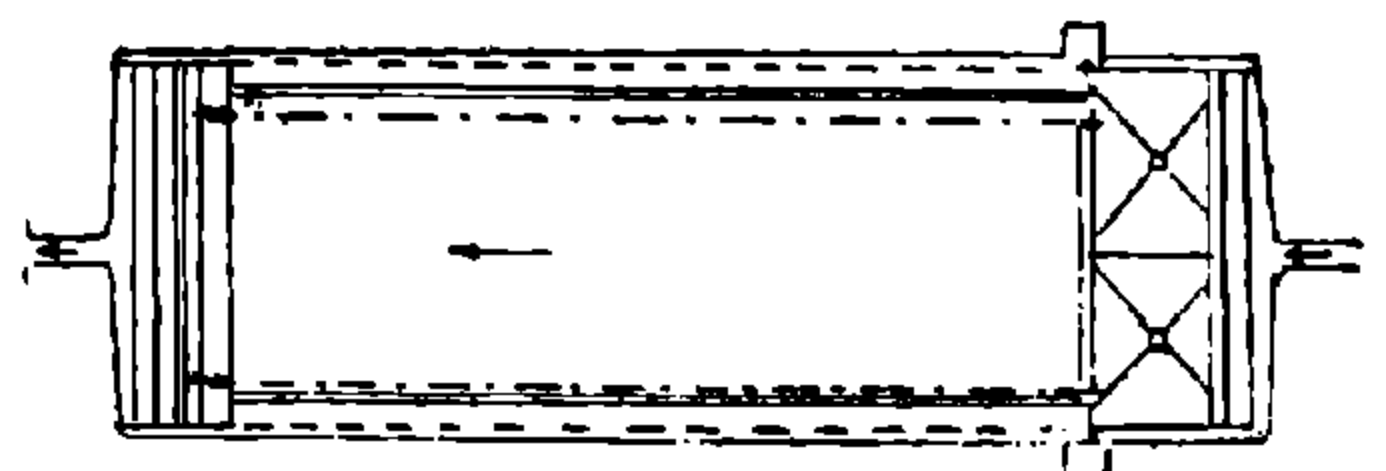
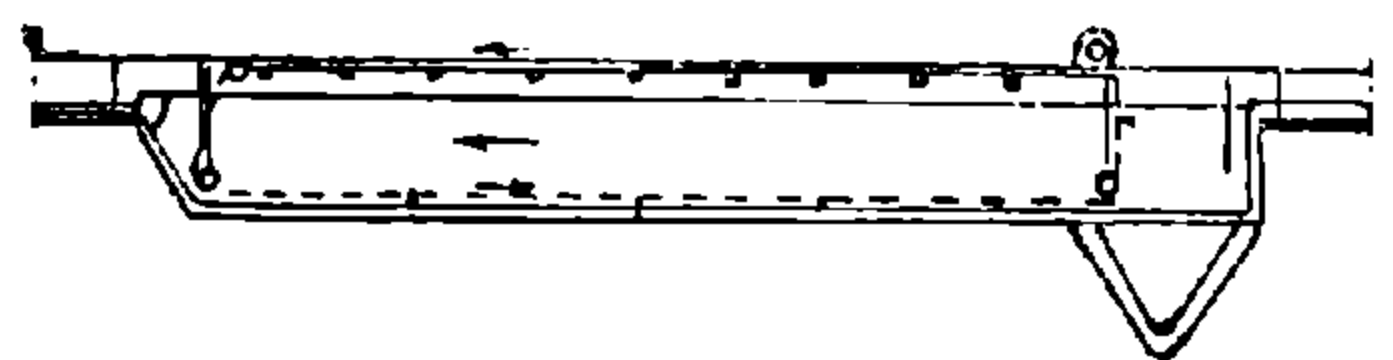


Рис. 68. Схема отстойника со скребками системы Линк-Бельт.

Скребки располагаются на расстоянии нескольких метров один от другого на тросе или цепи.

При всех достоинствах этой системы удаления ила из плоских отстойников, ей свойственны и недостатки, из них основные: более высокая стоимость устройства и эксплуатации, невозможность перевода скребков из одного бассейна в другой.

Скребки при обратном ходе в системе Линк-Бельт проходят над поверхностью воды.

Большое количество подвижных частей и цепей безусловно затрудняет эксплуатацию, но в остальном простота надзора говорит в пользу их применения.

Скорость движения скребков должна обеспечивать невозможность взмучивания осевшего ила, обычно она не превосходит 5 мм/сек . Так, в установке Индианополиса скорость движения скребков равна $2,5 \text{ мм/сек}$.

При больших глубинах отстойника движение цепей со скребками и в обратном направлении происходит ниже поверхности воды, во избежание излишнего подъема цепей.

На рисунке 69 представлена схема установки системы Вуат-Шмидт в Эссен-Вердене (Voith-Schmidt, Essen-Werden).

Наибольшие из ныне устроенных бассейнов этого типа имеют ширину $5,0 \text{ м}$, длину 40 м .

Переход от прямоугольных отстойников к круглым представляют собою кольцевые отстойники.

Вода подводится к внутреннему кольцу отстойника и через имеющийся лоток с водосливным ребром попадает в самый кольцевой отстойник, который и протекает в радиальном направлении; сборный лоток расположен по наружному периметру.

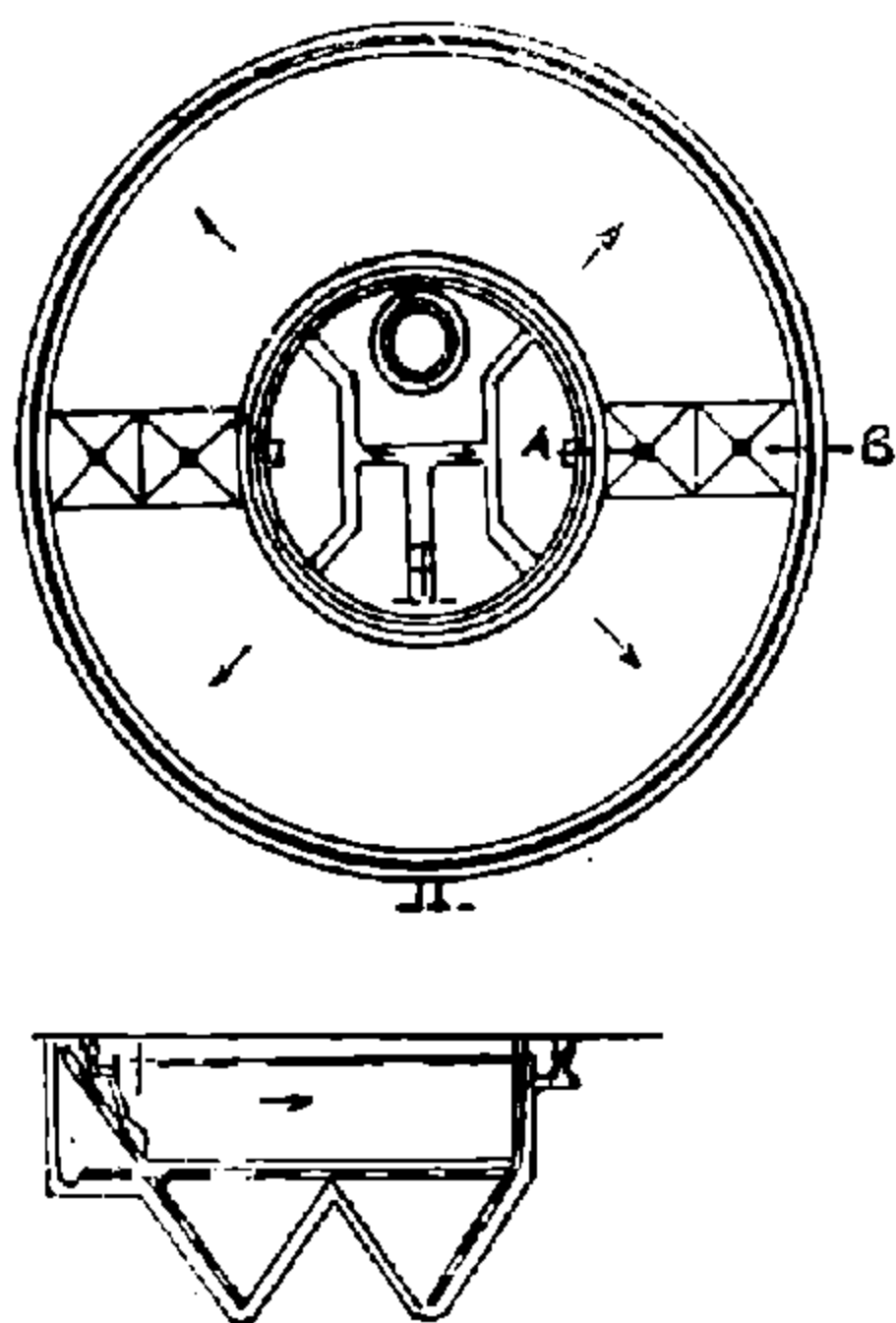


Рис. 70. Схема кольцевого отстойника.

Свежая вода к центру круглого отстойника может быть подана посредством подвешенной к мостику, по диаметру отстойника, трубе, по трубе

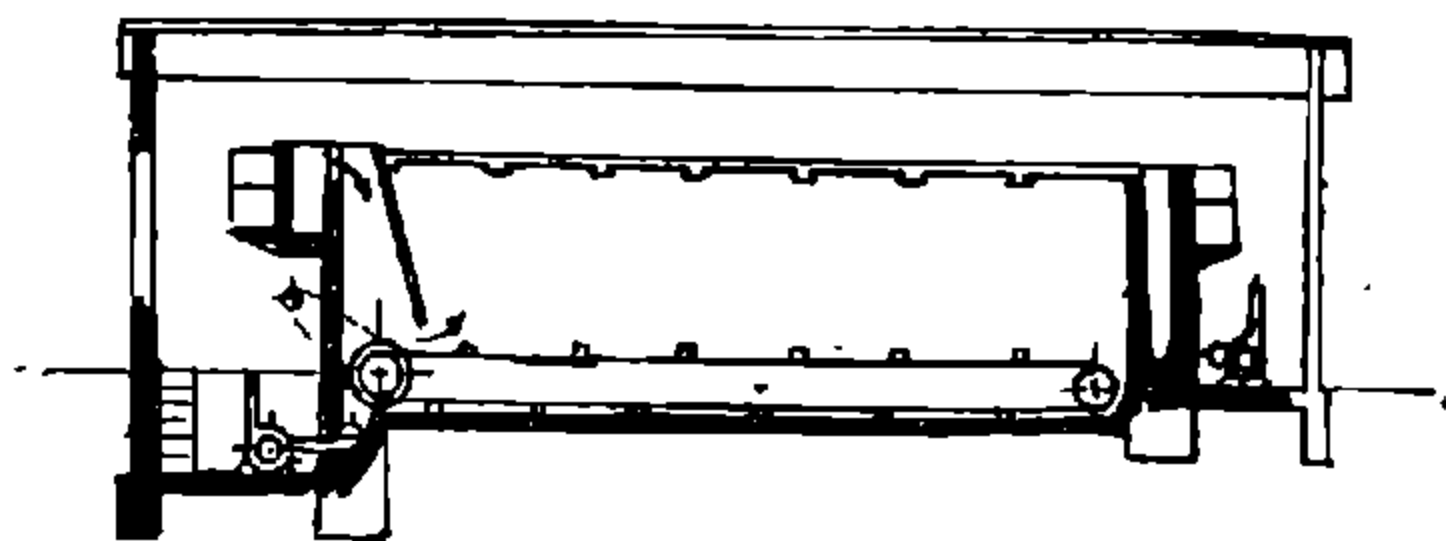


Рис. 69. Схема отстойника со скребками системы Вуат-Шмидт.

В отношении эффекта осветления работу кольцевого отстойника следует признать чрезвычайно удовлетворительной. Сравнительно большая длина водослива на входном канале дает возможность более или менее равномерно распределить воду по всей площади отстойника (рис. 70).

Недостатком является потеря центральной части отстойника и необходимость иметь внутреннюю ограждающую стену отстойника. Кроме того, к недостаткам этого типа отстойников следует отнести то, что весь ил по всей длине отстойника вращающимися скребками приходится подавать к двум радиально расположенным углублениям для ила.

Если отбросить среднюю (центральную) часть кольцевого отстойника, то мы получим тип круглого отстойника.

Как указано выше, вода в круглом отстойнике может протекать либо в радиальном направлении от центра к периферии, либо вода движется по направлению осевого диаметра.

идушей по дну отстойника и оканчивающейся в центре отстойника вертикальным коленом, либо, наконец, дюкером.

Хотя дюкера на канализационной сети и применяют, однако подача воды дюкером в центр отстойника вызывает возражения, так как при уменьшении скорости в дюкере возможно его заиливание и даже полная его закупорка.

Особенно сказываются эти недостатки при наличии в составе сточных вод промышленных предприятий, содержащих легко осаждающиеся вещества, способные образовать плотный осадок.

Расчет круглого отстойника с радиальным движением воды производится на основе данных по расчету прямоугольных отстойников. Средняя углубленная часть является местом для сбора ила, откуда он и удаляется.

При расчете количества ила исходят из кольцевых концентрических площадей, равных по величине и определяемых из условий протеканий каждой из них в определенную единицу времени, напр., 10 минут.

Не всегда углубление для сбора ила устраивают в центре круглого отстойника. Часто задачу решают так: дну отстойника придают обратный уклон от центра к периферии, а углубления для сбора ила (одно или несколько) устраивают в радиальном направлении.

При таком устройстве отстойника обычный скребок, вращающийся вокруг центра отстойника, как оси, может служить для направления всего ила к указанным радиально расположенным углублениям.

Схема такого отстойника показана на рисунке 71.

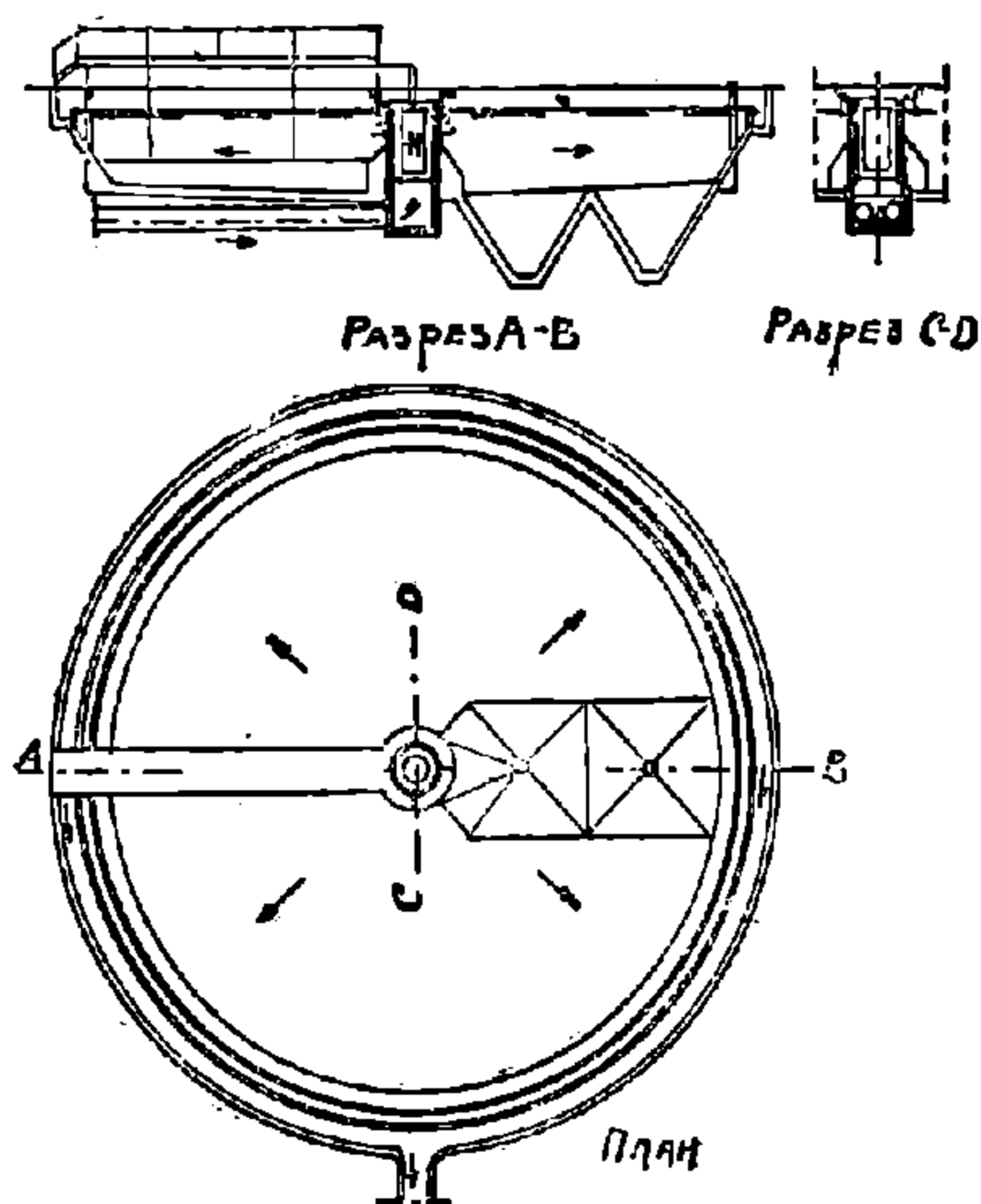


Рис. 71. Схема радиального отстойника.

Скребок может быть подвешен к подвижному на рельсах мостику либо к плавающему цилиндру, приспособленному к вращательному движению.

Вращающиеся вокруг центра скребки обладают определенным недостатком в смысле резкого увеличения скорости наружных точек скребка при увеличении диаметра отстойника. При увеличенных скоростях движения скребка, долженствующего подавать ил, осевший на дне отстойника, к специально устроенным углублениям, возможно взмучивание осевшего ила, особенно, если учесть, что на периферии отстойника, где скорости движения скребка достигают своего максимума, будет осаждаться самый тонкий ил.

При наличии углублений для сбора ила в центре отстойника приходится скребки устраивать особой формы, гарантирующей подачу ила при вращении скребка от периферии к центру отстойника. Такими скребками могут быть:

1. Спиральные скребки.

Принцип работы их основан на том, что кривая спирали образует один и тот же угол со всеми радиальными направлениями от периферии к центру. Принцип этот давно известен и применен в Фидлеровском аппарате для удаления ила (рис. 72). Обычно угол, образованный кривой скребка с пересекаемыми радиусами, равен или несколько больше 45° .

Если принять угол в 45° , то за время передвижения частицы ила с периметра отстойника до центра его наружная концевая точка спирального скребка совершит путь равный $2\pi r + r$.

В действительности время передвижения частицы ила будет несколько больше, т. к. ил будет двигаться не только к центру отстойника, но и в направлении вращения.

Так как длина отдельных скребков получается при этом значительная, то делят обычно общую длину спирали на части (две, три), причем каждая из них по длине получается несколько больше, в виду необходимости некоторого перекрытия последующего скребка, как это видно из рисунка 73.

Скребки эти обычно подвешиваются к вращающемуся мостику.

2. Мелкие скребки типа жалюзи.

Разделением спирального скребка на значительное количество более мелких скребков можно придти к типу с мелкими скребками — типа жалюзи, подвешенных под углом 45° к радиусу и перекрывающих один другой.

При каждом вращении мостика с подвешенными к нему мелкими скребками ил подвигается с периферии к центру (рис. 74).

Время подачи ила к центру со скребками типа жалюзи значительно превосходит время, потребное для этого при одном спиральном скребке.

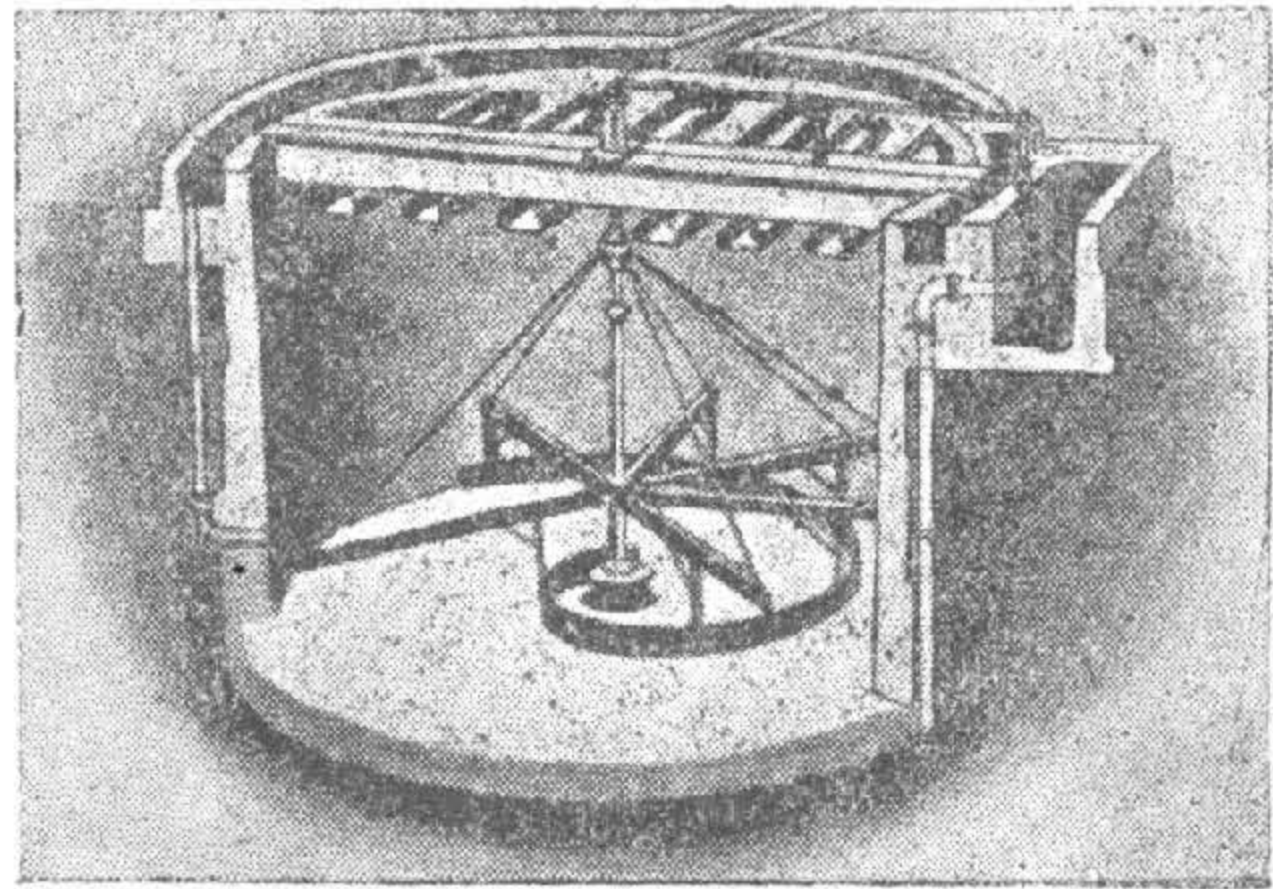


Рис. 72. Фидлеровский аппарат для удаления ила.

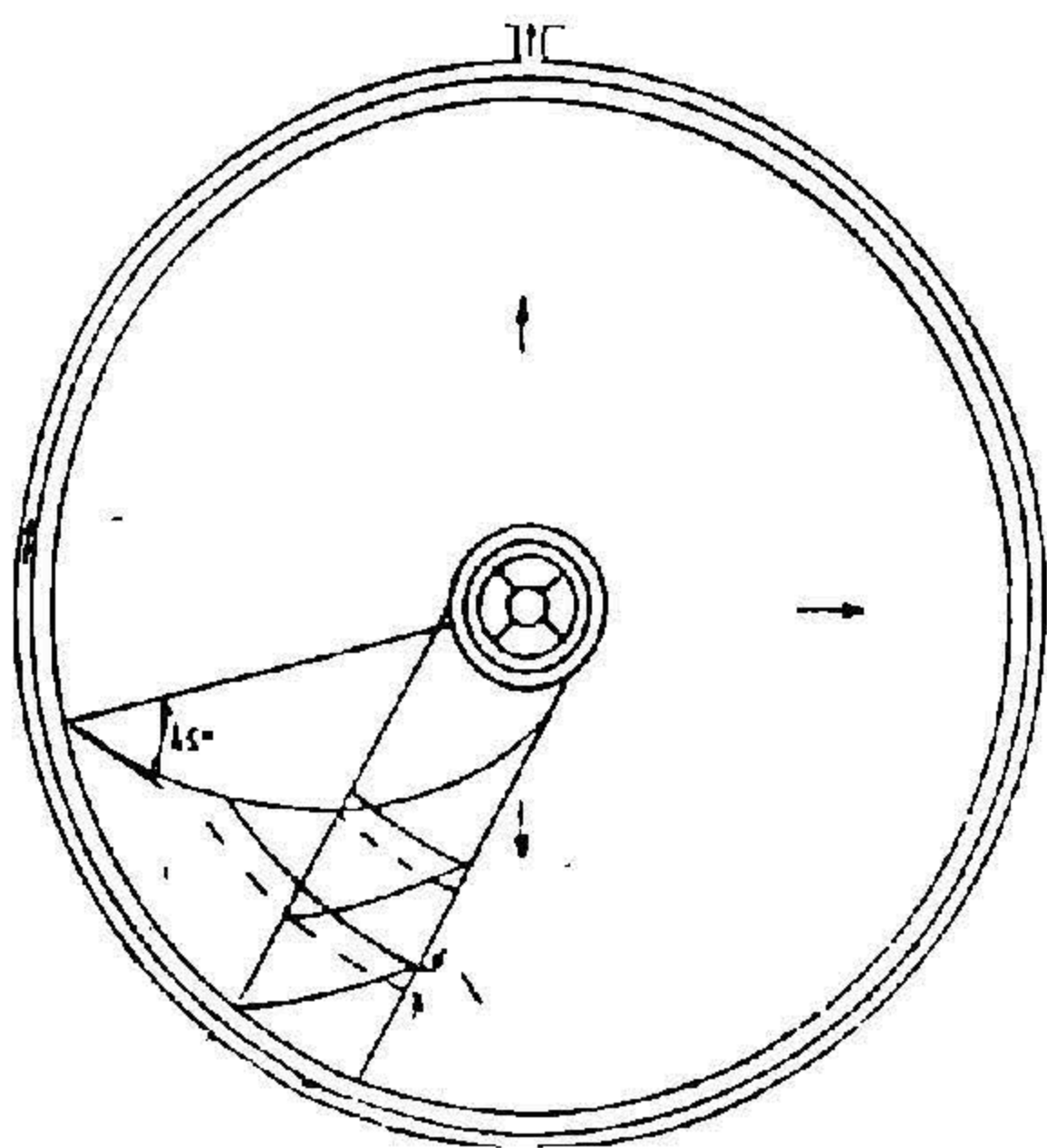


Рис. 73. Схема радиального отстойника со спиральными скребками.

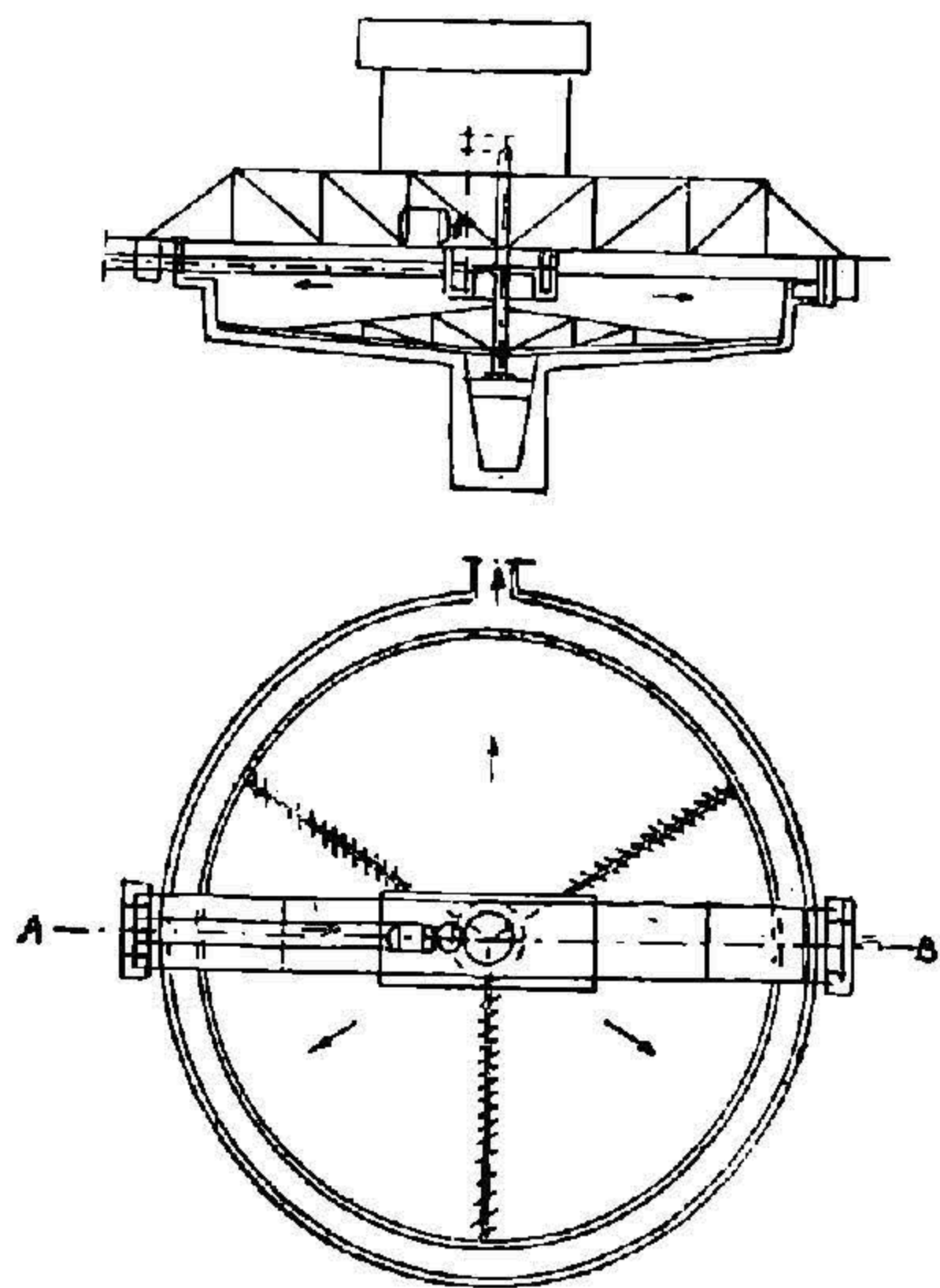


Рис. 74. Схема радиального отстойника с мелкими скребками.

Ряд фирм запатентовал тип скребков-жалюзи, при чем некоторые из фирм применяют отстойники не только круглой формы, но и прямоугольные, в углах коих установлены особые дополнительные скребки типа жалюзи (рис. 75, см. проспект О-ва Дорр).

С целью уменьшения времени, потребного на перемещение ила с периферии отстойника к центру его, при мелких скребках применяют различные методы.

Устанавливают не один ряд скребков, а несколько. Так, при диаметре отстойника в 41,0 м, радиальное расстояние перемещения от периферии к центру составляет 17,15 м, при наличии 10 скребков, каждый из них при одном обороте подает ил по направлению к центру на 1,72 м, следовательно

необходимо совершить 10 оборотов, прежде чем ил будет подан к центру отстойника для дальнейшего его удаления.

Максимальная скорость скребка на наружном периметре отстойника принята в 4,5 см/сек, что определяет время подачи ила от периферии к центру в 8 часов.

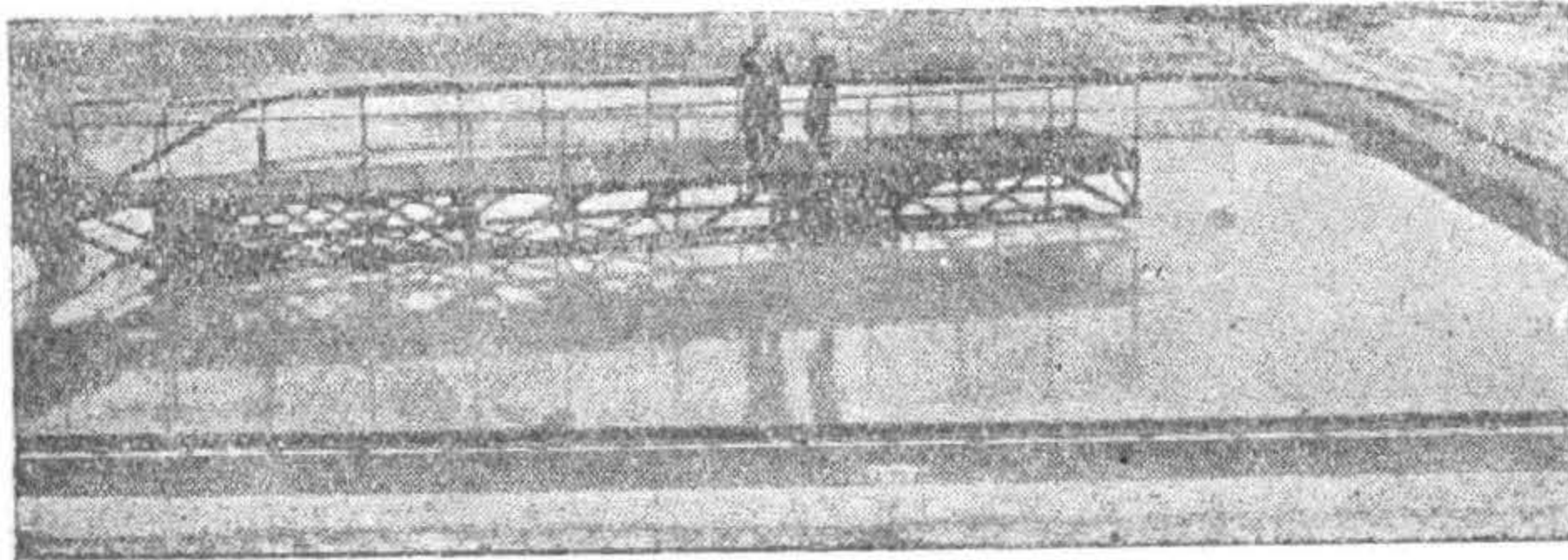


Рис. 75. Отстойник системы Дорр.

Действительно, $v = \omega r$;

при $v = 4,5 \text{ см/сек} = 0,045 \text{ м/сек}$ и

$$r = 17,15 \text{ м};$$

скорость вращения ω определится, как

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{0,045}{17,15} = 0,00262 \frac{\text{рад.}}{\text{сек}} = 0,00048 \text{ об./сек} = 1,5 \text{ об./час.}$$

Время, потребное на 10 оборотов, составит около 7 часов, а с неучтенными потерями во времени при передвижении ила цифра эта достигнет 8 часов.

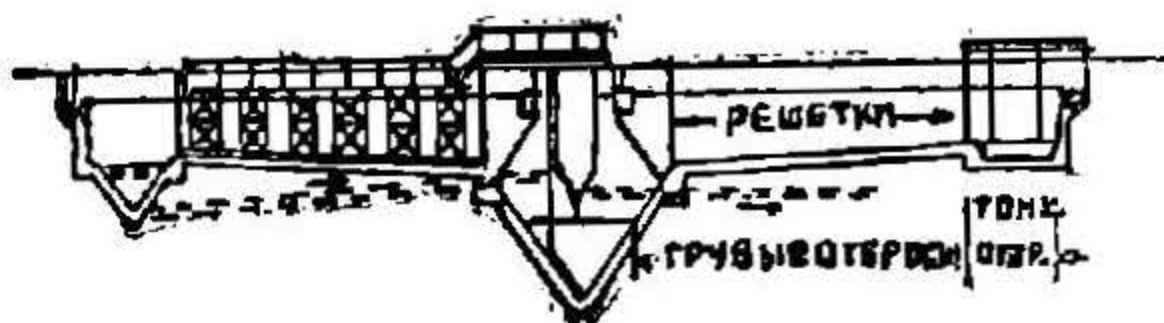
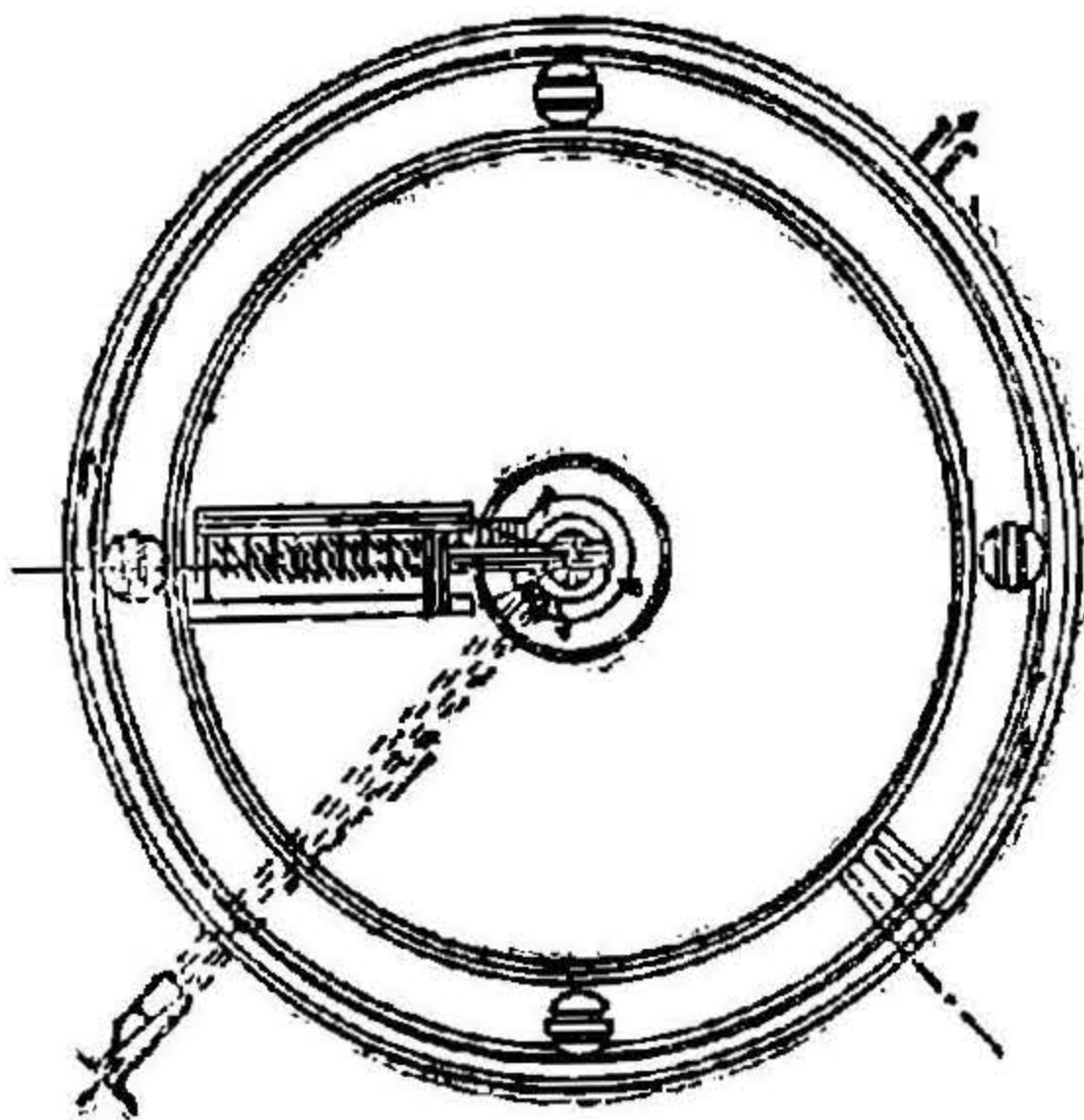


Рис. 76. Радиальный отстойник типа Прюса и Блунка.

Устройством двух рядов скребков типа жалюзи время передвижения ила можно уменьшить с 8 часов до 4-х.

Уменьшить время передвижения ила с периферии к центру отстойника можно также путем некоторого изменения конструкции отстойника — устройством кольцевого углубления для сбора ила, это уменьшает радиус подачи ила с периферии, а следовательно, уменьшает и время, потребное для подачи ила.

3. Скребки типа жалюзи, совместно с другими устройствами для удаления ила.

Прюсом и Блунком (Prüss и Blunck) предложен тип отстойника, приведенного на рисунке 76.

Основной принцип работы вышеуказанного отстойника — это разделение в нем выпадающих частиц на грубые

и тонкие, первые выпадают в основной средней части отстойника и скребками типа жалюзи подаются к центру, где расположено углубление для

ила; вторые (тонкие) частицы выпадают в периферийной кольцевой части несколько углубленной, причем выпадающий здесь тонкий ил особыми скребками подается в четыре углубления для сбора ила, расположенные в пределах кольцевой части. Осевший ил отсюда по трубам подается в общий центральный сборник.

В отстойнике установлены две концентрические решетки из прутьев для вылавливания грубых частиц.

Разделение отстойника на две части дает возможность ускорить удаление ила, так как даже взмученные при большой скорости мелких скребков типа жалюзи частицы в средней части отстойника осядут вновь во второй кольцевой части, где скребок движется со скоростью, обеспечивающей невзмучивание осевших частиц.

В виду сложности конструкции такой отстойник в постройке обходится дороже, но в эксплуатационном отношении он чрезвычайно удобен.

Несколько иную конструкцию представляет отстойник, изображенный на рисунке 77.

В целях ускорения подачи осевшего ила в средней части отстойника устроен пониженный кольцевой желоб с уклоном дна отстойника от центра его и наружного периметра к этому желобу. По длине желоба имеются 4 углубления для ила, откуда ил подается по трубам в центр, в расположенный здесь котел, при помощи которого ил удаляется из отстойника.

В средней желобчатой части скребок во всю ширину желоба, по остальной длине подвешены скребки типа жалюзи.

Так как в плоских отстойниках создаются благоприятные условия для выделения жира, то последний легко собирается на водной поверхности их.

Для улавливания и удаления жира в верхней части конструкции скребков привешивается доска, дающая возможность при движении скребка собирать поверхностный жир. Последний удаляется в прямоугольных отстойниках в расположенный в конце его желоб, в круглых отстойниках этот желоб обычно приделан к подвижному мостику, несущему конструкцию скребков.

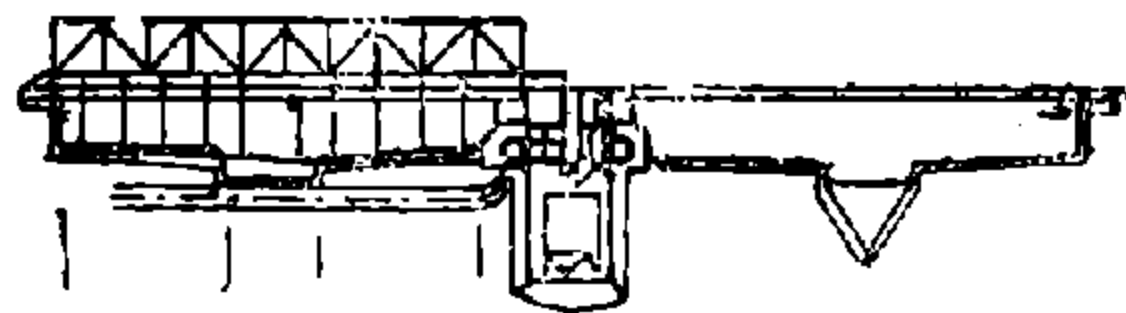
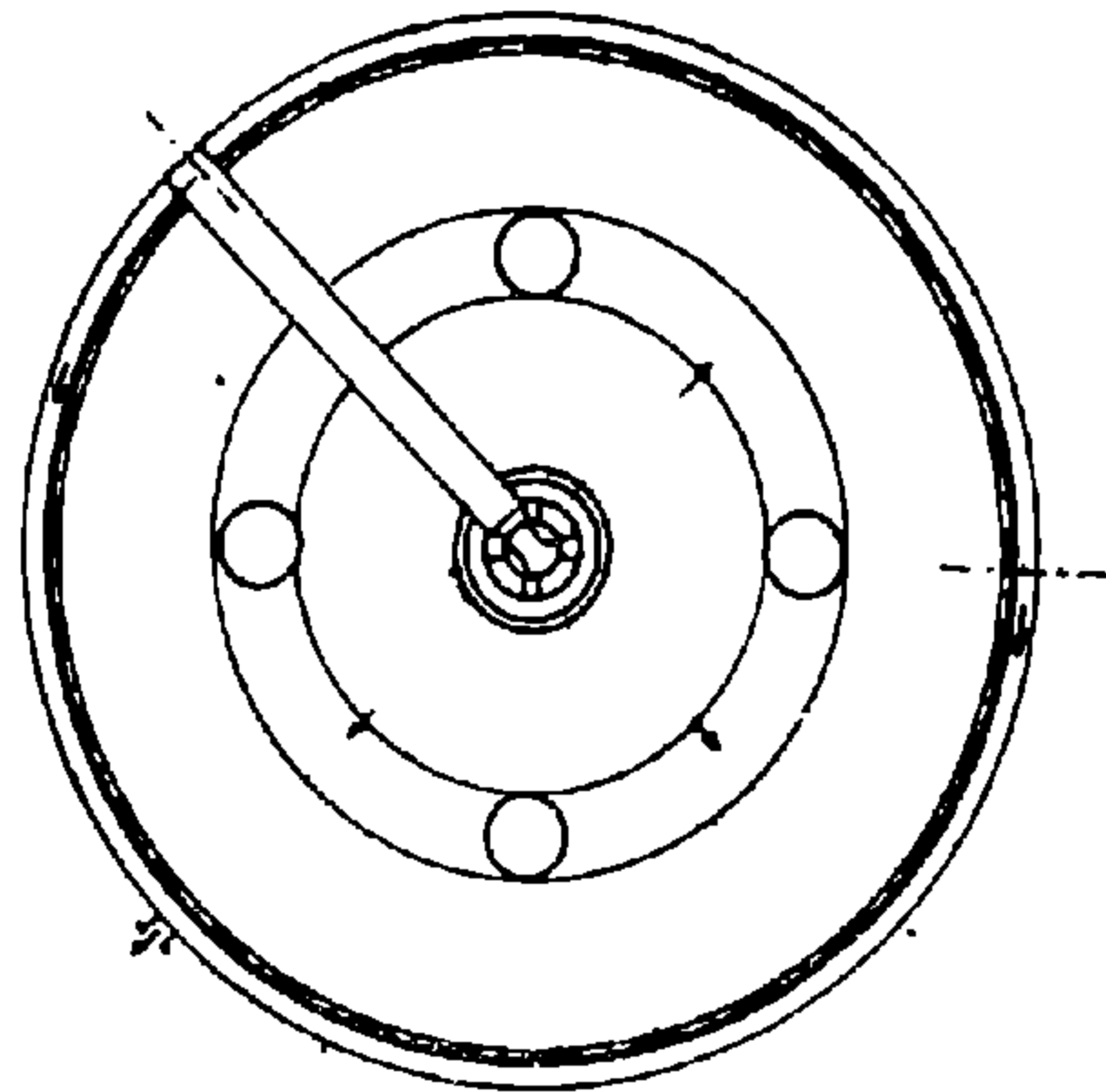


Рис. 77. Радиальный отстойник.

§ 20

СУЩЕСТВУЮЩИЕ ТИПЫ ПЛОСКИХ ОТСТОЙНИКОВ

В качестве иллюстрации современных плоских отстойников приведем описание некоторых из них.

Южная группа предварительных отстойников на очистной установке Штансдорф в Берлине состоит из 9 прямоугольных отстойников, глубиною 2,25 м, шириною в 10 м и длиною в 29 м¹ (рис. 78).

Два скребка, установленные на подвижных тележках, приводимых в движение электромотором, служат для направления осевших в отстойнике осадков в иловую камеру, устроенную в начале отстойника, глубиною 7,65 м.

¹ Langbein F. und Weisse E. Die Entwicklung der Abwasser Reinigungsverfahren und Berliner Grossklarwerk Stahnsdorf, 1932.

Расчетная скорость движения воды в сухую погоду $v = 4,0$ мм/сек.
 При обратном ходе тележки всплывающий на поверхности отстойника жир

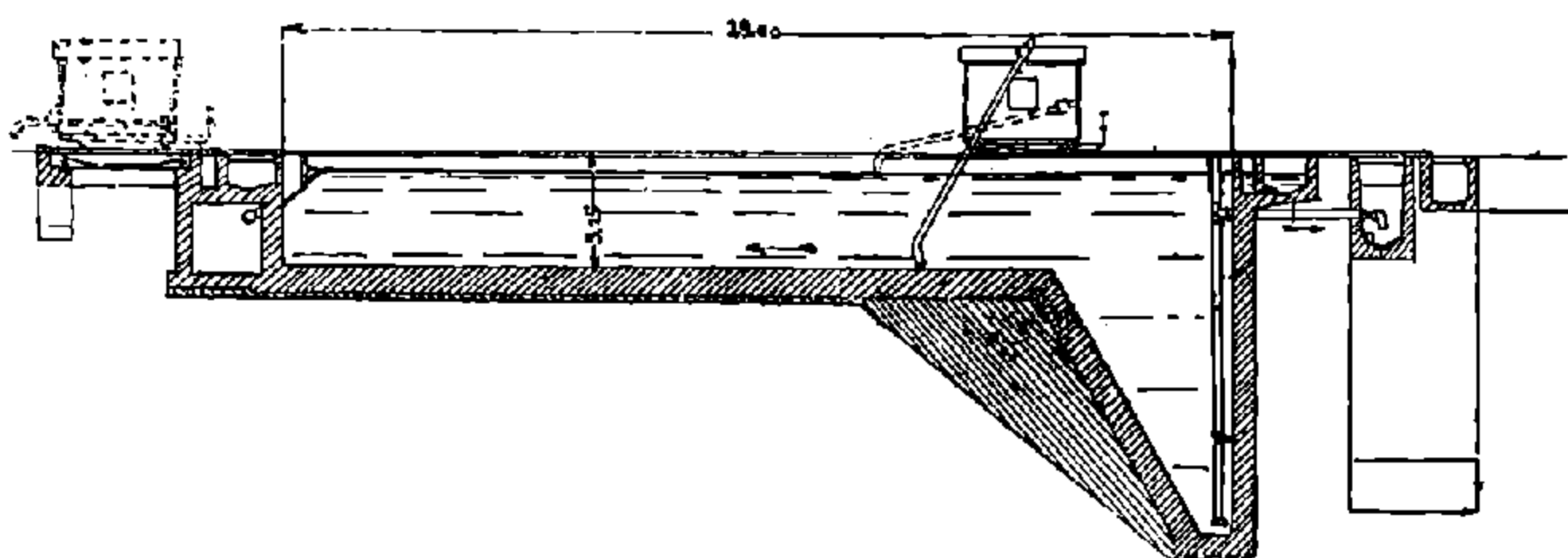


Рис. 78. Горизонтальный отстойник установки Штансдорф (Берлин)

поднятым скребком отводится к установленному в конце отстойника желобу для приема жира, откуда жир по особой трубе отводится для использования.

В конце отстойника устроено приспособление — подвижной мостик — для возможности очистки двумя подвижными скребками всех 9 отстойников.

Северная группа предварительных отстойников той же очистной установки состоит из двух квадратных с округленными углами плоских отстойников. Расчетная скорость $v = 4,0$ мм/сек. Размеры отстойника 35×35 м.

Вращающиеся скребки типа жалюзи подают ил к средней пониженной части отстойника, откуда он и удаляется по трубам.

В верхней части подвижной конструкции, поддерживающей скребки, на высоте поверхности воды прикреплена доска для сбора плавающих веществ и жира и направления их в особый лоток (рис. 79).

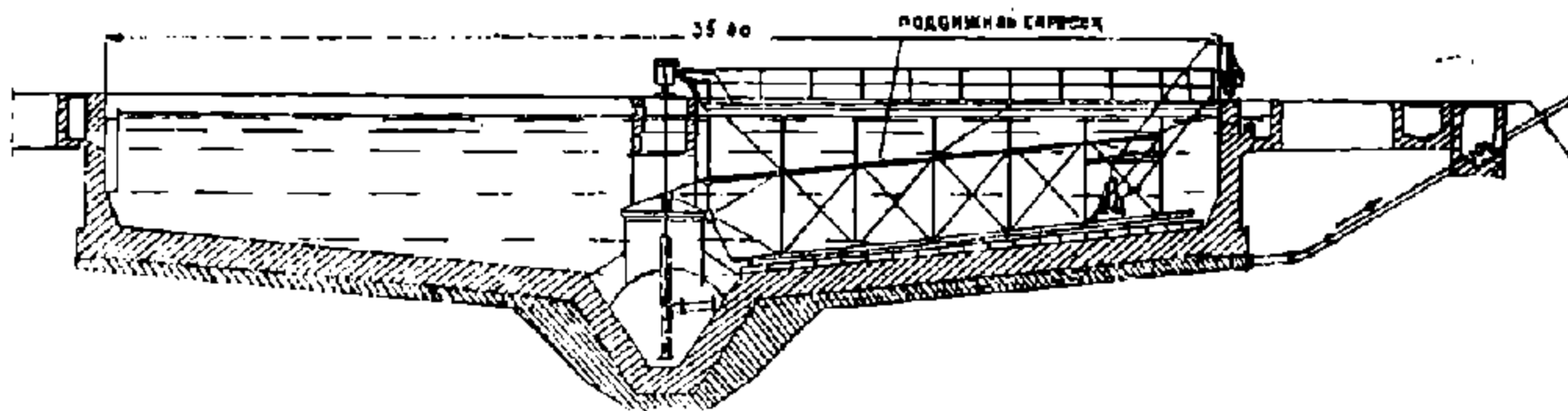


Рис. 79. Квадратный радиальный отстойник установки Штансдорф (Берлин).

Несколько иную конструкцию представляет вторичный отстойник той же очистной станции в Штансдорфе (рис. 80).

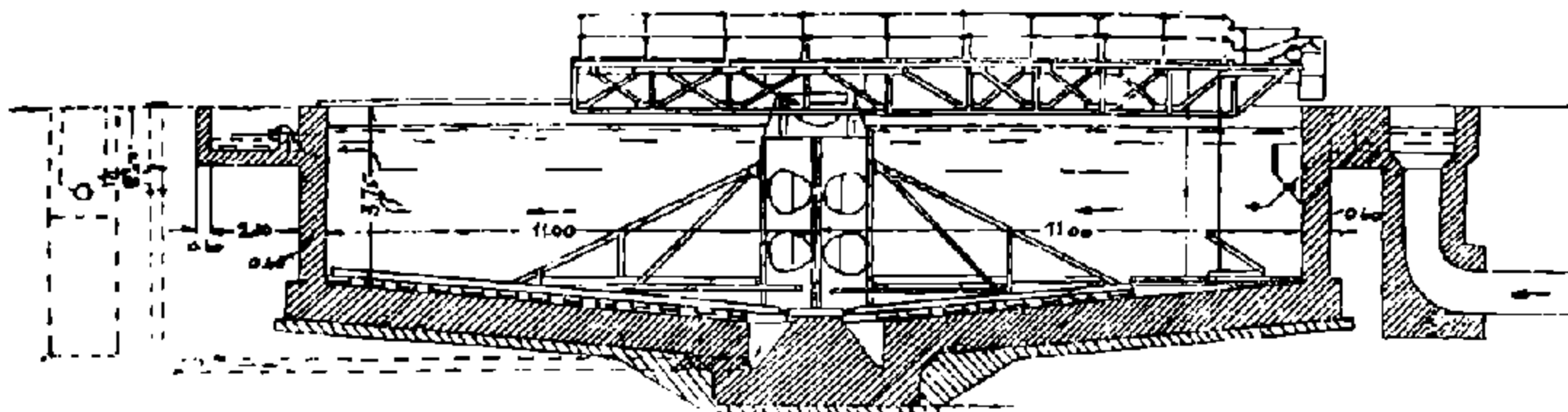


Рис. 80. Радиальный отстойник установки Штансдорф (Берлин).

Основные размеры отстойника — 22×22 м, глубина воды 3,25 м. Ил скребками типа жалюзи подается к среднему углублению, откуда по трубам передается в илопровод.

Основной материал всех типов отстойников на Берлинской очистной станции в Штансдорфе — бетон и железобетон. Фотография (рис. 81) изображает один из моментов сооружения прямоугольных отстойников.

На рисунках 82 и 83 изображены отстойники гор. Нюрнберга.¹

¹ Hanffstengel und Müller, Der Kläranlage Nürnberg Nord, 1932.

Осветлительная установка состоит из 6 отстойников (2 отнесены ко второй очереди), шириною в 10 м каждый, длиною 50 м и рабочей глубиною 2 м. Каждый из отстойников обслуживает 50000 человек. Уклон дна обратный движению воды и равен 0,0025. В начале каждого отстойника устроено два цилиндрических углубления для сбора ила.

За углублениями по всей ширине отстойника установлены успокоительные решетки. С противоположной стороны имеются плавающие ребра, опущенные на 50 см в воду.

Ил осаждается на дне и раз в день подвижным скребком под водой направляется в цилиндрические углубления, устроенные в начале отстойника. Тележка со скребком движется по рельсам, уложенным по стенам отстойников.

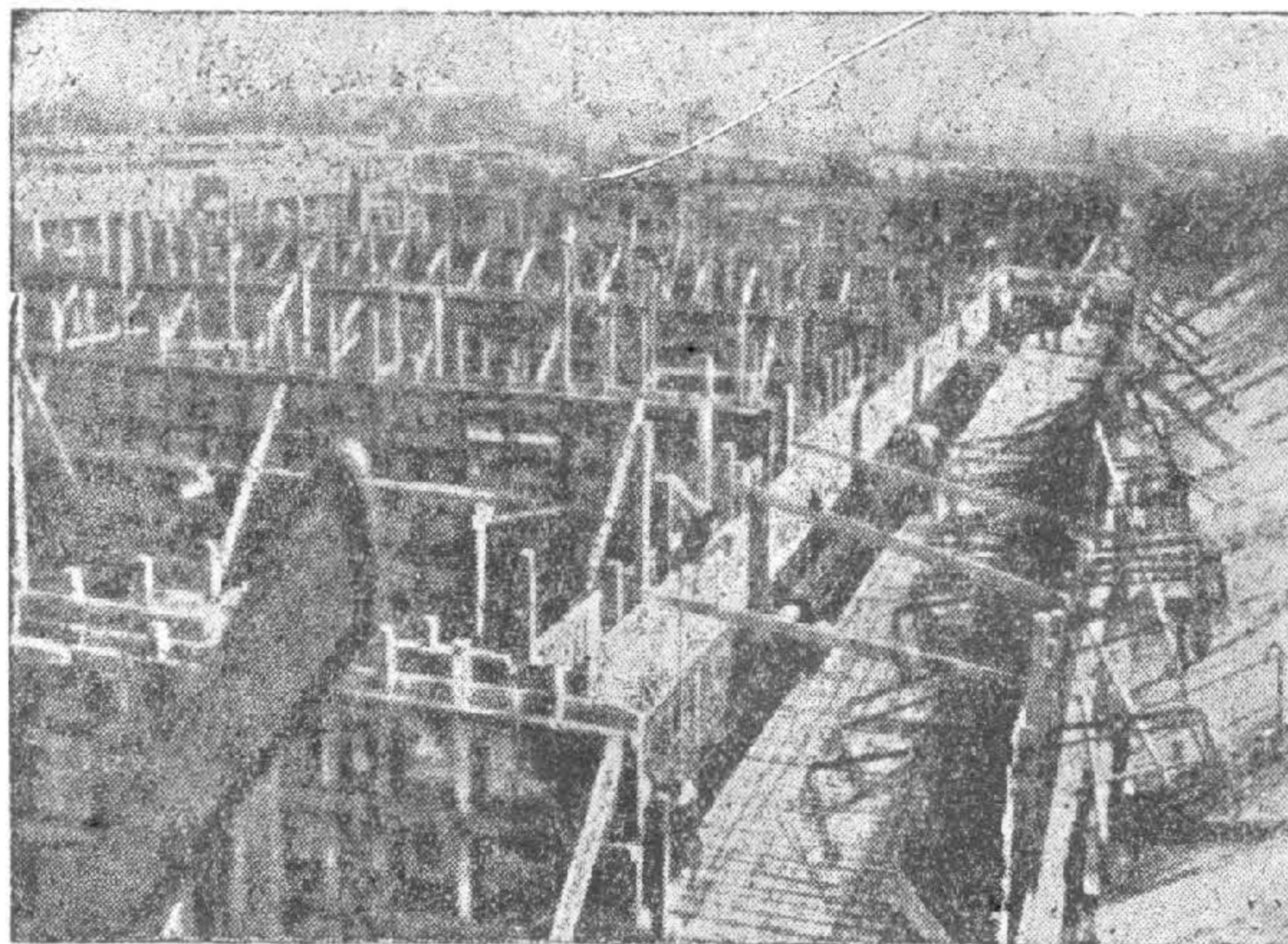


Рис. 81. Сооружение железобетонного отстойника на установке в Штансдорфе.

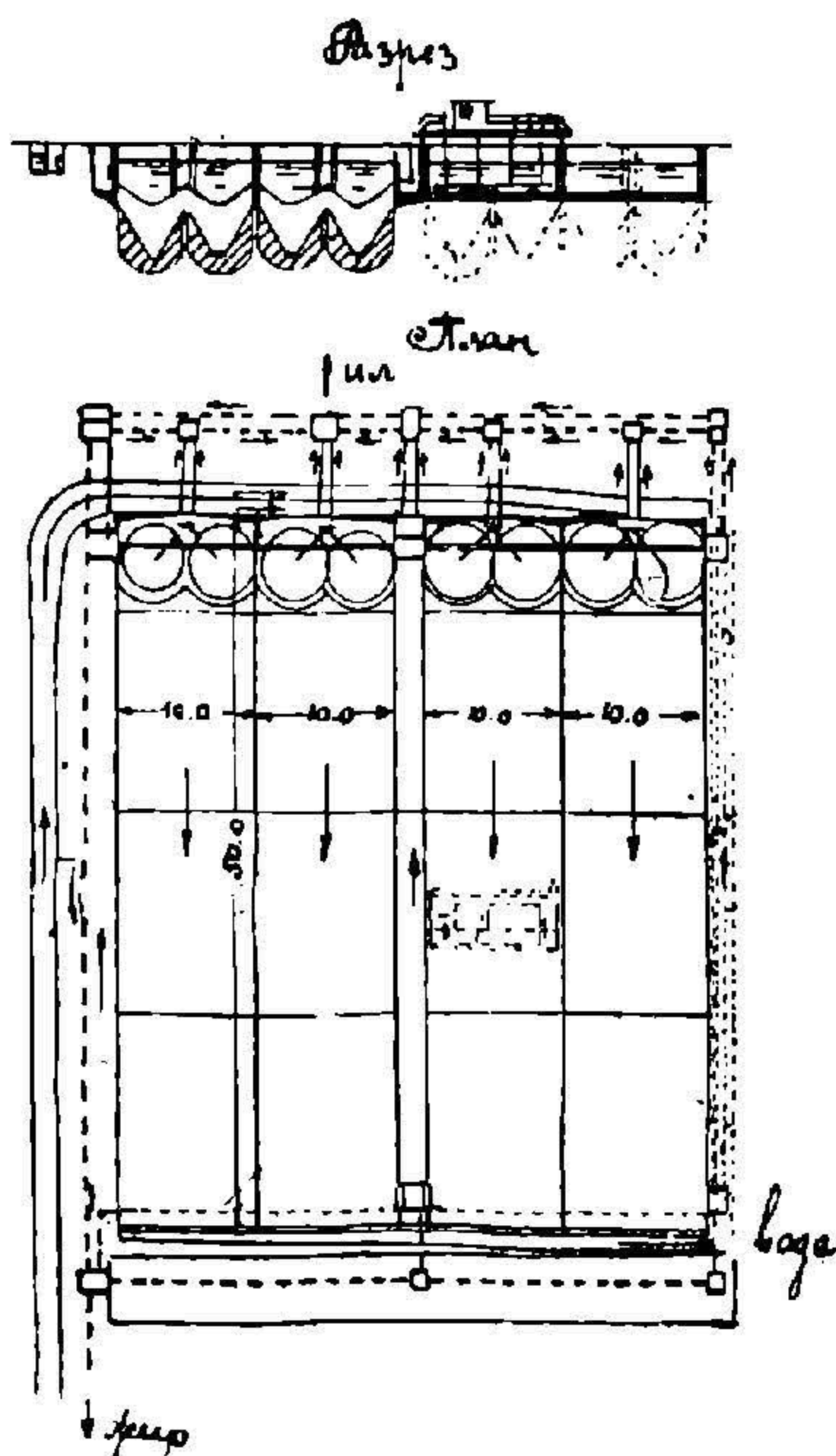


Рис. 82. Горизонтальный отстойник гер. Нюрнберга (поперечный разрез и план).

Скорость движения скребка 2 см/сек. Тележка вполне автоматизирована. При под'еме скребка и обратном движении скорость движения 7 см/сек, при этом скребок, как это видно из рисунка (рис. 84), собирает всплывший жир и сбрасывает его в жировые лотки, устроенные вдоль продольных стен отстойника.

Весь процесс очистки одного отстойника занимает один час, после чего подвижная тележка находит на установленный за отстойником подвижной мостик и передвигается вместе с мостиком к следующему отстойнику. Скорость этого движения 20 см/сек.

Прямоугольный отстойник фирмы Гар-

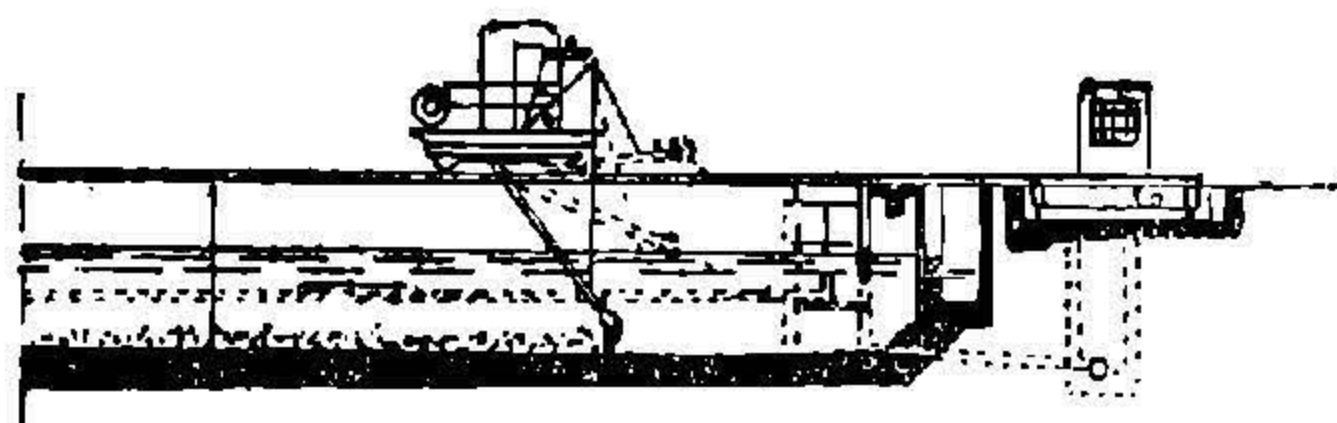


Рис. 83. Горизонтальный отстойник г. Нюрнберга (продольный разрез).

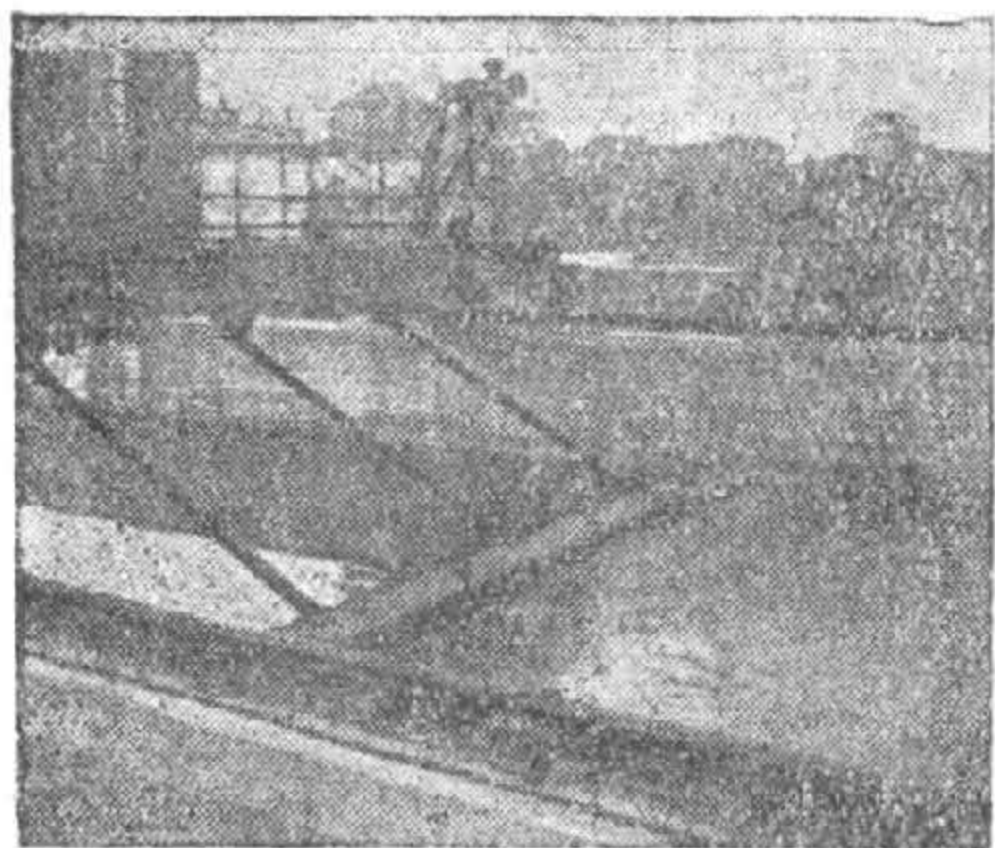


Рис. 84. Подвижной скребок отстойника гор. Нюрнберга (сбор шлама).

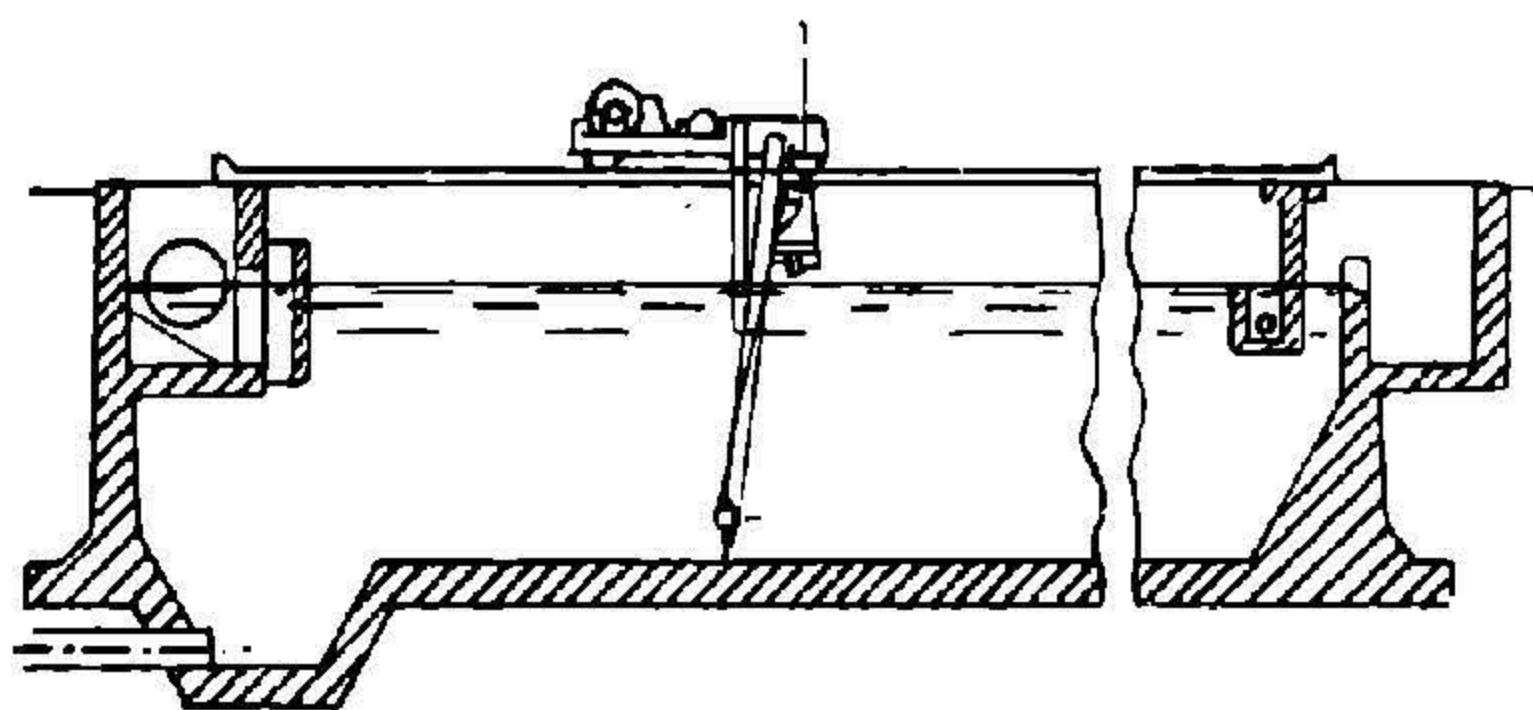


Рис. 85. Прямоугольный отстойник Гардинг (продольный разрез).

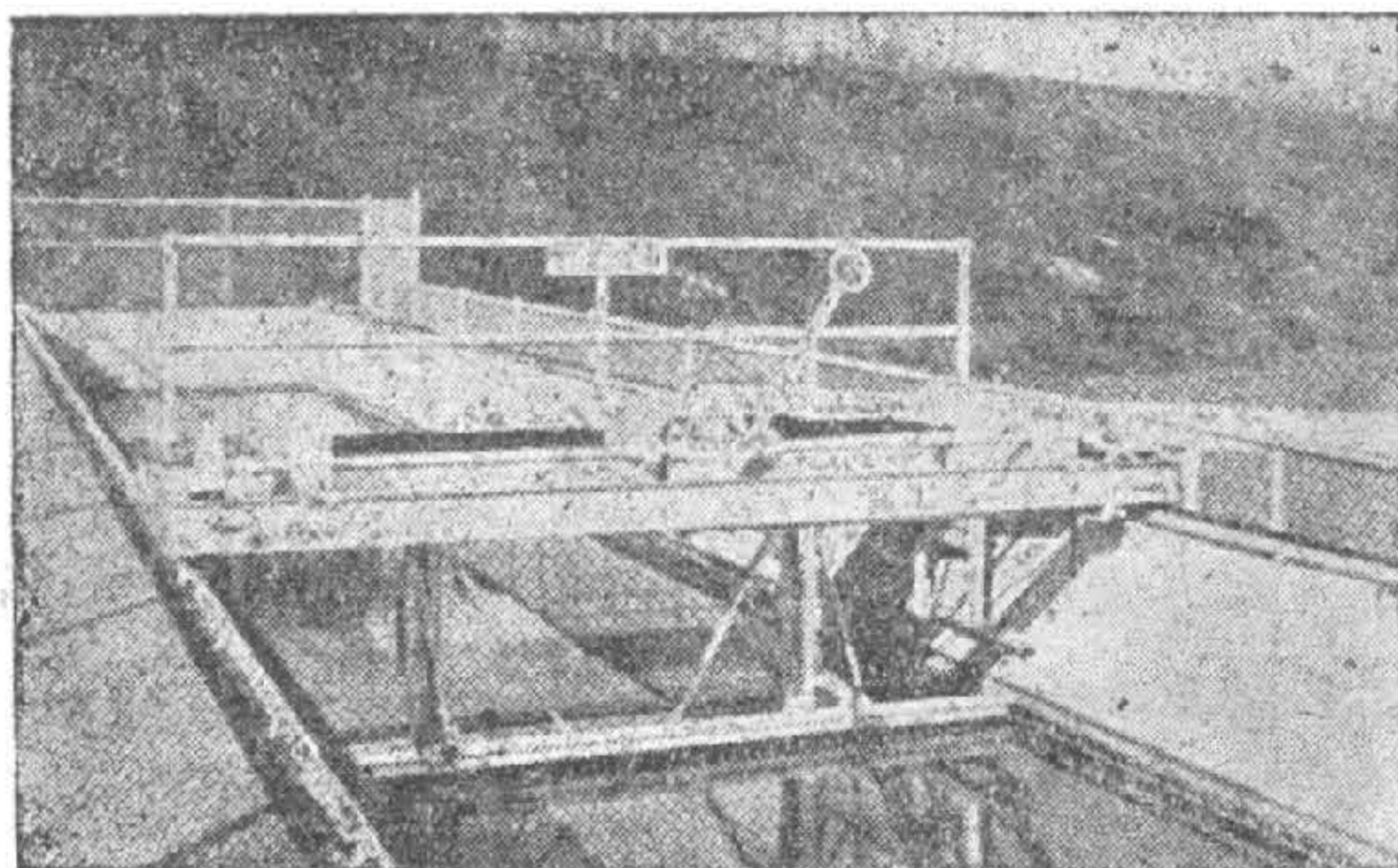


Рис. 86. Прямоугольный отстойник Гардинг (подвижной скребок).

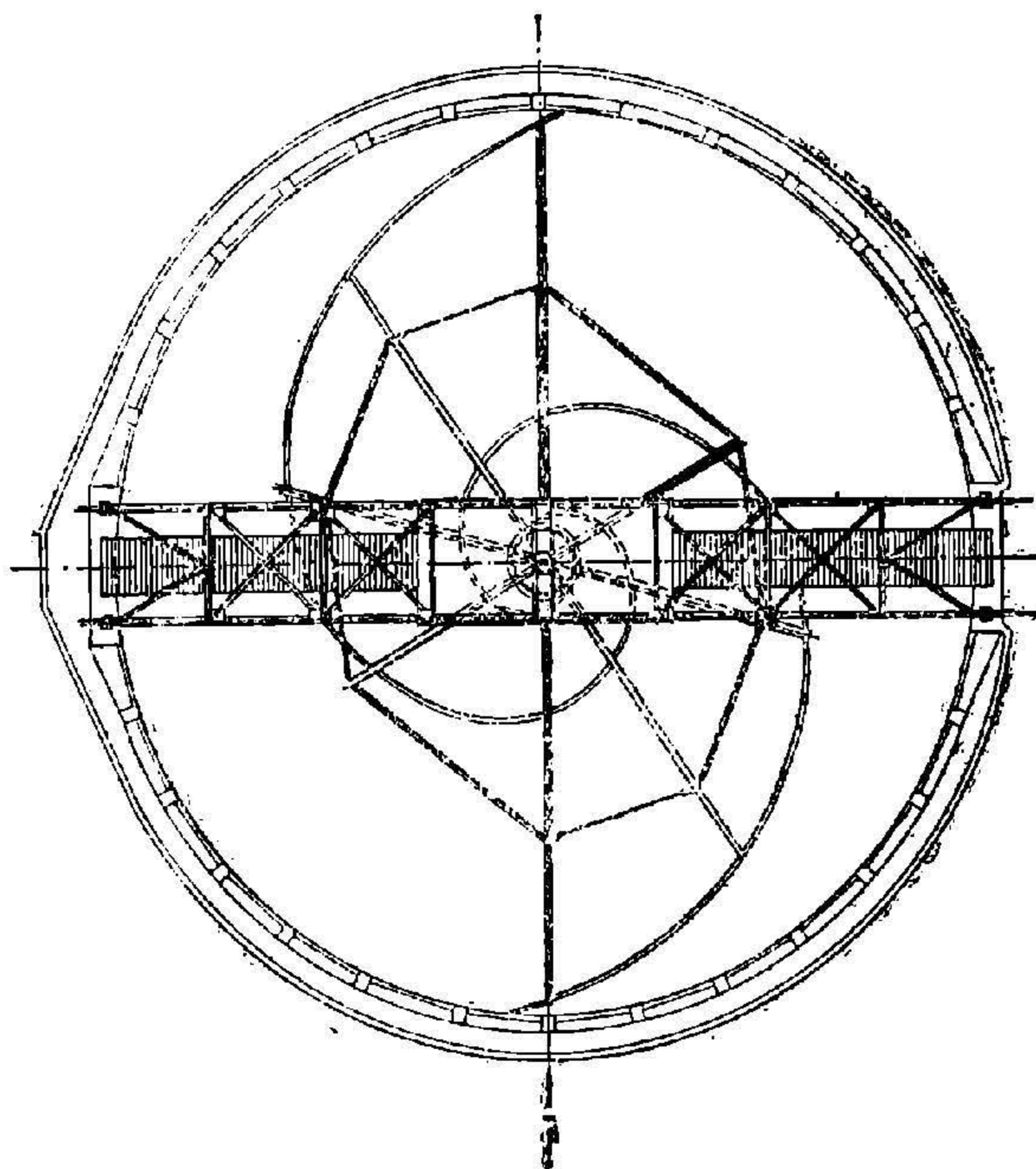


Рис. 87. Круглый отстойник Гардинг (план).

динг (Hardinge Company, Inc. N. J.) представлен на рисунках 85 и 86. Длина отстойника около 40 м. Сточная вода подается в распределительный лоток с плавающим ребром перед ним. В конце отстойника устроен отводной лоток, перед которым подвешен лоток для отвода жира и плавающих веществ, при чем наружные очертания этого лотка являются конечным плавающим ребром.

Для удаления осевшего вдоль отстойника ила установлена передвижная тележка с подвижным скребком. При обратном холостом ходе скребка доской, прикрепленной к верхней части скребка, жир отводится к жировому лотку. Тележка приводится в действие небольшим электромотором. На рисунках 87 и 88 представлены план и разрез круглого отстойника той же фирмы Гардинг.

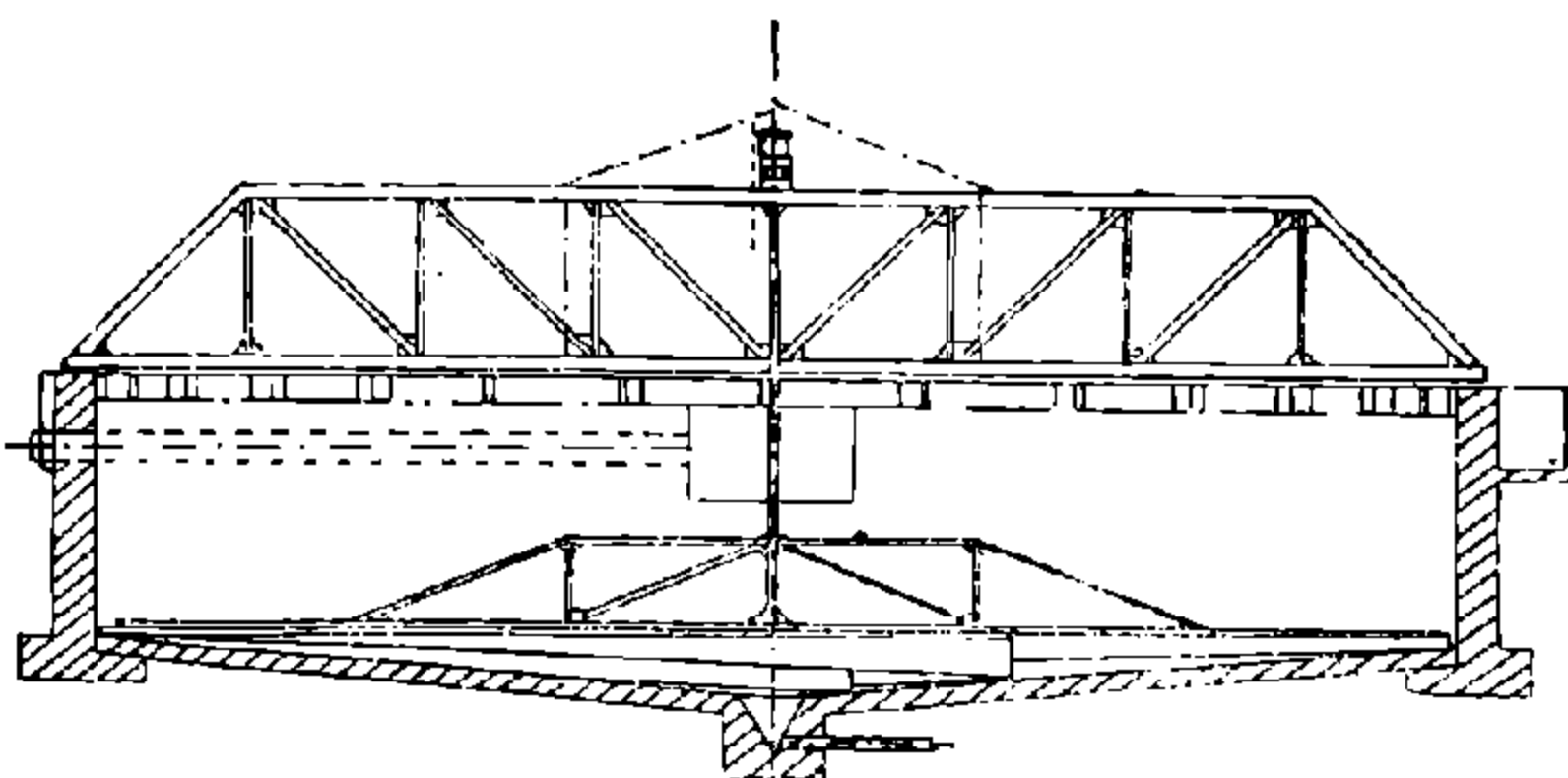


Рис. 88. Круглый отстойник Гардинг (разрез).

Диаметр отстойника 24 м. Вода, подлежащая осветлению, подается в центр отстойника по трубе и, двигаясь в радиальном направлении, уходит в расположенные по периметру желоба. Осадки собираются двумя спиральными скребками к центру отстойника, откуда и удаляются по трубе.

§ 21

ДРЕНИРОВАННЫЕ ОТСТОЙНИКИ

Чтобы закончить вопрос об отстойных бассейнах, следует еще остановиться на плоских отстойниках небольшой глубины с дренированным дном; эти отстойники периодически работают как отстойники, а затем как иловые площадки.

Дренированные отстойники применяются почти исключительно для промышленных сточных вод, содержащих большое количество взвешенных, главным образом, минеральных частиц.

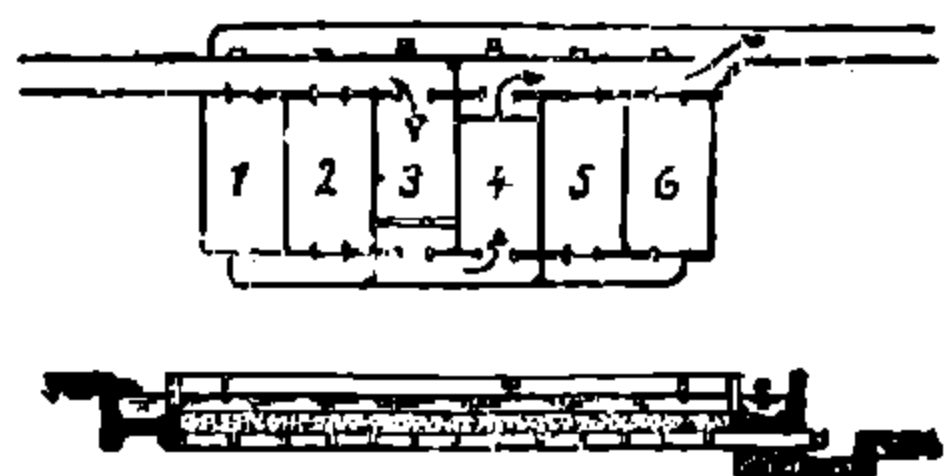


Рис. 89. Дренированные отстойники.

Эти отстойники устраиваются по несколько рядов, при чем часть из них находится в работе, в части из них ил подсыхает и, наконец, третьи в это же время очищаются от ила. Дренаж устроен для отвода воды с отстойника во время подсушки ила.

Простейшая схема плоских дренированных отстойников, заимствованная нами у Имгофа, представлена на рисунке 89.

Поскольку эти отстойники применяются для специфических промышленных сточных вод, а не для бытовых стоков, мы подробно на их рассмотрении не останавливаемся.

§ 22

ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ОТСТОЙНИКИ

Основными недостатками горизонтальных прямоугольных отстойников, в свое время вызвавшими необходимость проектирования и строительства вертикальных отстойников, были:

1. Затруднительность производства работ при слабых и водоносных грунтах и необходимость затраты большого количества материала на стены отстойника (статические условия работы их).

2. Затруднительность очистки отстойников от заилений при отсутствии соответствующей механизации. Отстойники приходилось периодически выключать, перекачивать из них воду в соседние работающие отстойники и тогда только, вручную, главным образом, очищать дно отстойника от осевшего ила.

3. Требование для горизонтальных отстойников сравнительно больших площадей.

4. Недостаточно полный эффект осветления, что объясняется неправильным подходом к расчету и конструированию отстойников.

В силу указанных недостатков горизонтальных отстойников стали проектировать и строить как для питьевых, так и для сточных вод вертикальные отстойники, представляющие собою вертикальный цилиндр или призму, вода в котором движется снизу вверх.

Скорость движения воды в вертикальном отстойнике должна быть настолько мала, чтобы взвешивающая сила воды не была бы в состоянии удержать частицы в подвешенном состоянии, и последние, в силу своей тяжести, оседали бы в нижней части отстойника.

К сожалению, вопрос о движении жидкости в жидкости является мало изученным как в теории, так и на практике. При изложении вопроса движения воды в горизонтальных отстойниках это не было подчеркнуто нами так категорически, так как движение воды в них сравнительно лучше изучено экспериментально на целом ряде существующих сооружений.

При проектировании и расчете вертикальных отстойников (рис. 90) возникают следующие вопросы, требующие своего разрешения.

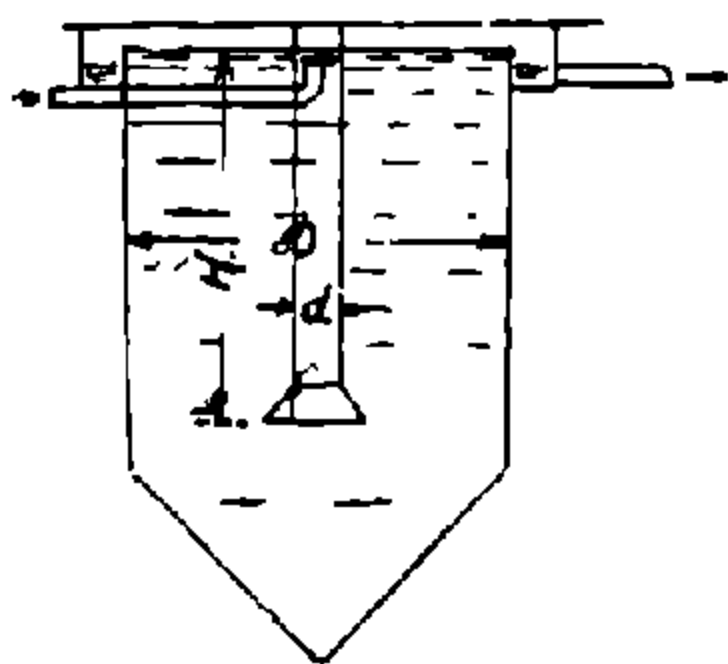


Рис. 90. Схема вертикального отстойника.

1. Определение диаметра внутренней вертикальной трубы, по которой подается сточная вода для отстаивания и зависимость между вертикальной скоростью в этой трубе и выпадением взвеси в отстойнике. 2. Высота отстойника. 3. Определение диаметра отстойника, обеспечивающего осветление воды. На первый вопрос можно ответить, что по опытным данным инж. Н. Н. Панаева необходимо стремиться, чтобы размер вертикальной трубы отстойника, по которой поступает жидкость со взвесью, был таков, чтобы вертикальная скорость движения в ней была бы не более 100 м/час. или 28 мм/сек. при отсутствии отражательного конуса¹.

Что касается высоты отстойника, то она должна обеспечить 1,5—2 часовое пребывание среднего расхода воды в отстойнике для осветления плюс небольшую нижнюю часть для сбора осевших частиц впредь до их удаления.

Диаметр отстойника определяется, как и в случае горизонтальных отстойников, так называемой гидравлической величиной частиц, подлежащих осаждению, т. е. минимальной вертикальной скоростью, при которой еще не наблюдается выноса частиц, и равной U_0 .

Очевидно, расчетная скорость в цилиндрическом отстойнике V —вертикальная скорость под'ема должна быть меньше скорости U_0 .

$$V < U_0.$$

На основании опытных данных с отстаиванием канализационных вод скорость V принимается в пределах от 0,5 до 1,0 мм/сек.

В зависимости от характера сточных вод скорость эта может быть и повышена, что определяется в каждом случае опытными данными.

¹ Панаев Н. Н., инж., Вертикальные отстойники, 1927.

Зная расход $Q \text{ м}^3$ диаметр отстойника D определится исходя из следующего соотношения:

$$Q = w \cdot v = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) \cdot v,$$

где d — диаметр внутренней вертикальной трубы.

Следовательно,

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot v} + d^2}$$

(все размеры даны в метрах).

Рабочая высота отстойника, равная длине внутренней цилиндрической трубы.

$$h = \frac{t \cdot v \cdot 3600}{1000} = 3,6 \times t \times v \text{ м.}$$

На основании изучения работы вертикальных отстойников в деле очистки питьевой воды проф. Турчинович рекомендует определенное соотношение между диаметром отстойника (D) и его рабочей высотой (h), обеспечивающее правильную работу вертикального отстойника:

$$\frac{h}{D-d} > 0,7.$$

По расчетным нормам НККХ для вертикальных отстойников:

а) вертикальная скорость под'ема воды равна 1 мм/сек , считая по максимальному часовому расходу или по максимальной подаче насосов (при наличии станции перекачки);

б) время под'ема воды по соответствующему максимальному расходу равно 1 часу;

в) количество выпадающего ила с влажностью 95% на одного человека в сутки $0,8 \text{ л}$;

г) скорость в опускной вертикальной трубе не более 30 мм/сек , если нет отражающего щита;

д) об'ем иловой части отстойника на трехсуточный об'ем ила;

е) уклон днища не менее 45° ;

ж) свободный напор для выпуска осадка не менее $1,5 \text{ м}$ при диаметре илоотводящей трубы 200 мм .

Примечание: Суточное количество выпадающего ила удаляется ежедневно.

Пример: Определить число и размеры вертикальных отстойников для средне-секундного расхода $Q = 0,5 \text{ м}^3/\text{с}$.

Принимаем скорость осаждения $V = 1,0 \text{ мм/с}$, время осаждения $t = 1,5 \text{ ч}$.

Рабочая высота отстойника $h = v \times t \times 3600 = 0,001 \times 1,5 \times 3600 = 5,4 \text{ м}$.

Диаметр отстойника D определяем в первом приближении из соотношения

$$\frac{h}{D-d} > 0,7,$$

принимая ориентировочно величину $d = 1,0 \text{ м}$.

Тогда

$$D - d < \frac{h}{0,7} \text{ или } D < \frac{h}{0,7} + d = \frac{5,4}{0,7} + 1,0 = 8,72 \text{ м.}$$

Принимаем $D = 8,70$ м; площадь отстойника

$$\Omega = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) = 0,785 (8,7^2 - 1,0^2) = 59,0 \text{ кв. м.}$$

Общая потребная площадь всех отстойников

$$\Omega = \frac{Q}{v} = \frac{0,5}{0,001} = 500 \text{ кв. м.}$$

Потребное количество отстойников будет равно

$$n = \frac{\Omega}{\omega} = \frac{500}{59} = 8,47.$$

Принимаем количество отстойников $n = 8$.

Определяем диаметр входной цилиндрической трубы по формуле

$$\frac{\pi d^2}{4} \cdot v = q;$$

где v — скорость = 28 мм/сек,

$$q \text{ — расход одного отстойника} = \frac{Q}{n} = \frac{0,5}{8} = 0,0625 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Следовательно,

$$d = \sqrt{\frac{q \cdot 4}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{0,0625 \times 4}{3,14 \times 0,028}} = \sqrt{2,84} = 1,68 \text{ м.}$$

Диаметр же самого отстойника определяется по формуле

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v} + d^2} = \sqrt{\frac{4 \times 0,625}{3,14 \times 0,001} + 1,68^2} = 9,07 \text{ м.}$$

Проверяем соотношение

$$\frac{h}{D-d} = \frac{5,4}{9,07-1,68} = 0,732 > 0,7.$$

Наиболее старым типом вертикального отстойника является так называемый Дортмундовский колодец, предложенный в 1887 Книбюлером (Kniebühler) для г. Дортмунда (рис. 91).

Колодец этот представляет собою цилиндр диаметром 6,5 м и высотой 8,8 м и конус, у нижнего основания которого устроен цилиндр диаметром 1,5 м, высотой 1,6 м, для лучшего собирания осадков. Полная глубина Дортмундовского колодца 13,5 м.

Сточные воды притекают по трубе С, откуда по вертикальной трубе подвешенной к крышке колодца, попадают в коническую часть колодца; по вытекании из трубы они стремятся подняться вверх, причем по пути встречают звездообразно расположенные ножи, которые способствуют более энергичному выпадению взвешенных веществ.

Далее, сточные воды, пройдя глубину в 8 м, изливаются через ряд корытообразных желобов в отводный канал D.

Осадки из углубления колодца удаляются посредством всасывающей трубы, проходящей через подвешенную цилиндрическую трубу.

Основным недостатком Дортмундовского колодца является его большая высота.

Несколько иную конструкцию представляет прямоугольный вертикальный колодец, сооруженный инж. Ватсон (Watson) в Бирмингеме (рис. 92).

Принцип работы этого колодца и основные размеры его видны из чертежа. Удаление осадков происходит с помощью трубы для отжима ила.

Очень интересный, но более сложной конструкции, вертикальный отстойник Дортмундовского типа устроен на новой очистной станции Штансдорф в Берлине (рис. 93).

Извлечение ила происходит при помощи 4-х труб, по одной в каждой из воронок отстойника.

Ниже приводим разрез и план вертикального отстойника, построенного в 1929 году на Люберецких полях фильтрации гор. Москвы (рис. 94 и 95).

Проект приведенного отстойника предусматривал очень высокий эффект осветления, до 98%, и сравнительно густой осадок с содержанием воды в 92 — 93%.

В январе 1933 года нами были получены результаты эксплуатационной работы

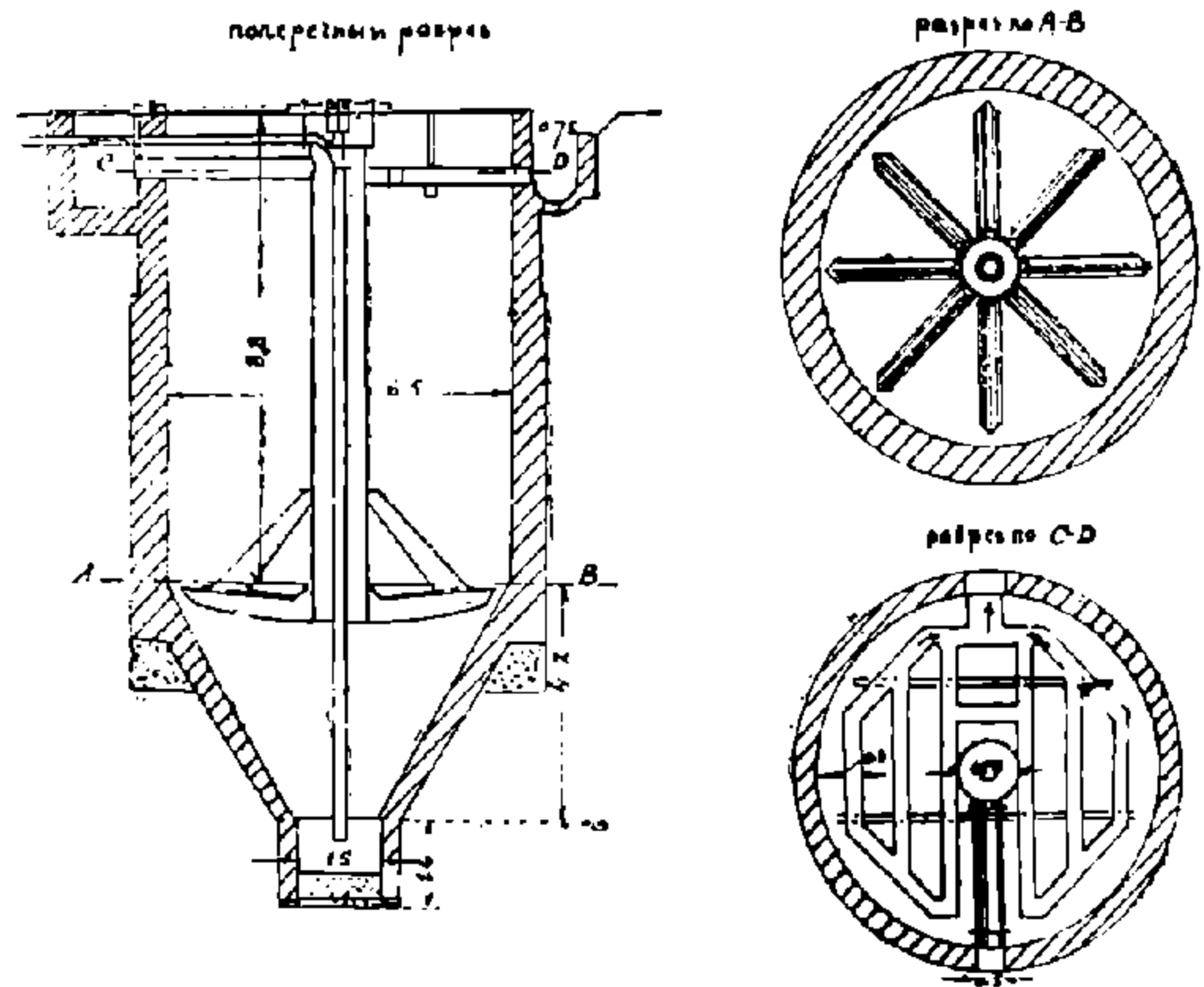


Рис. 91. Дортмундовский колодец.

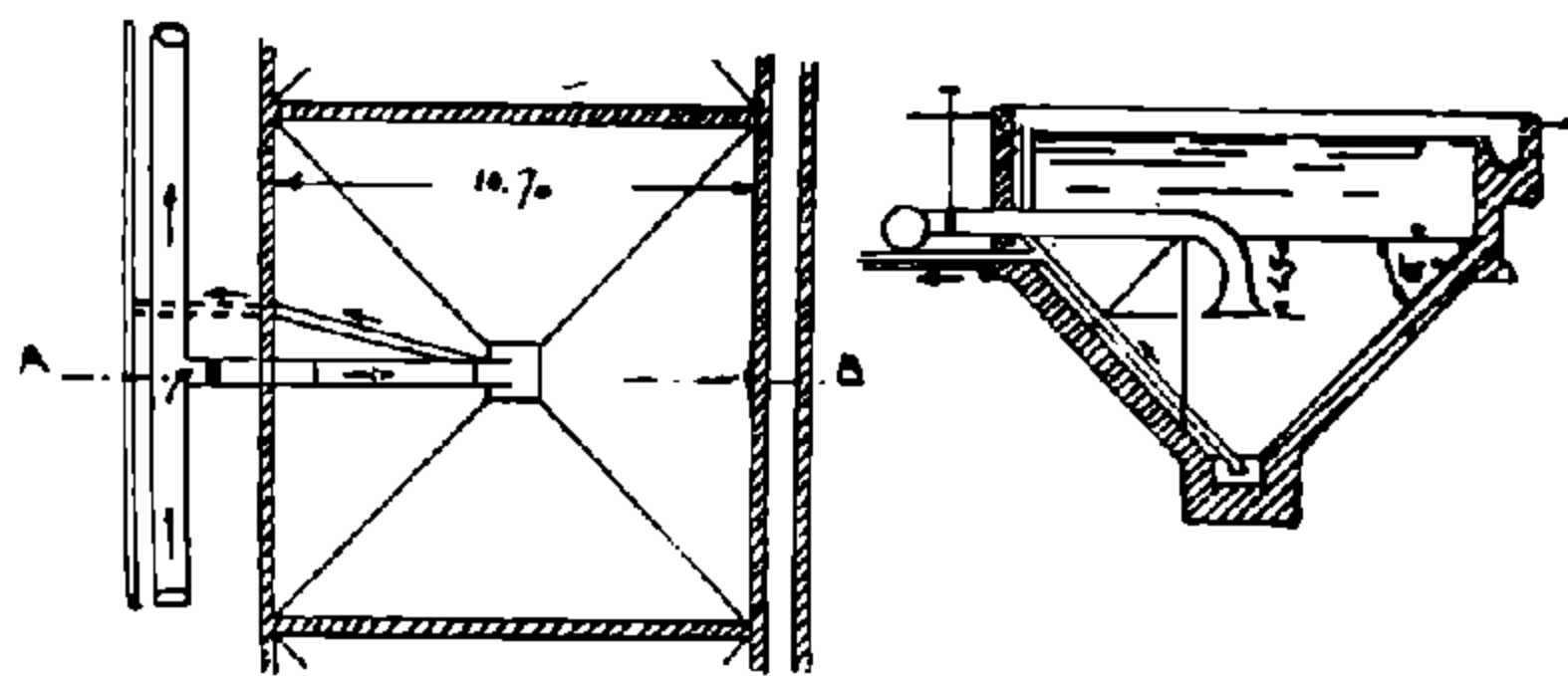


Рис. 92. Вертикальный колодец в г. Бирмингеме.

этого отстойника.

Эффект осветления — 90 — 93%.

Содержание воды в осадке — 93%.

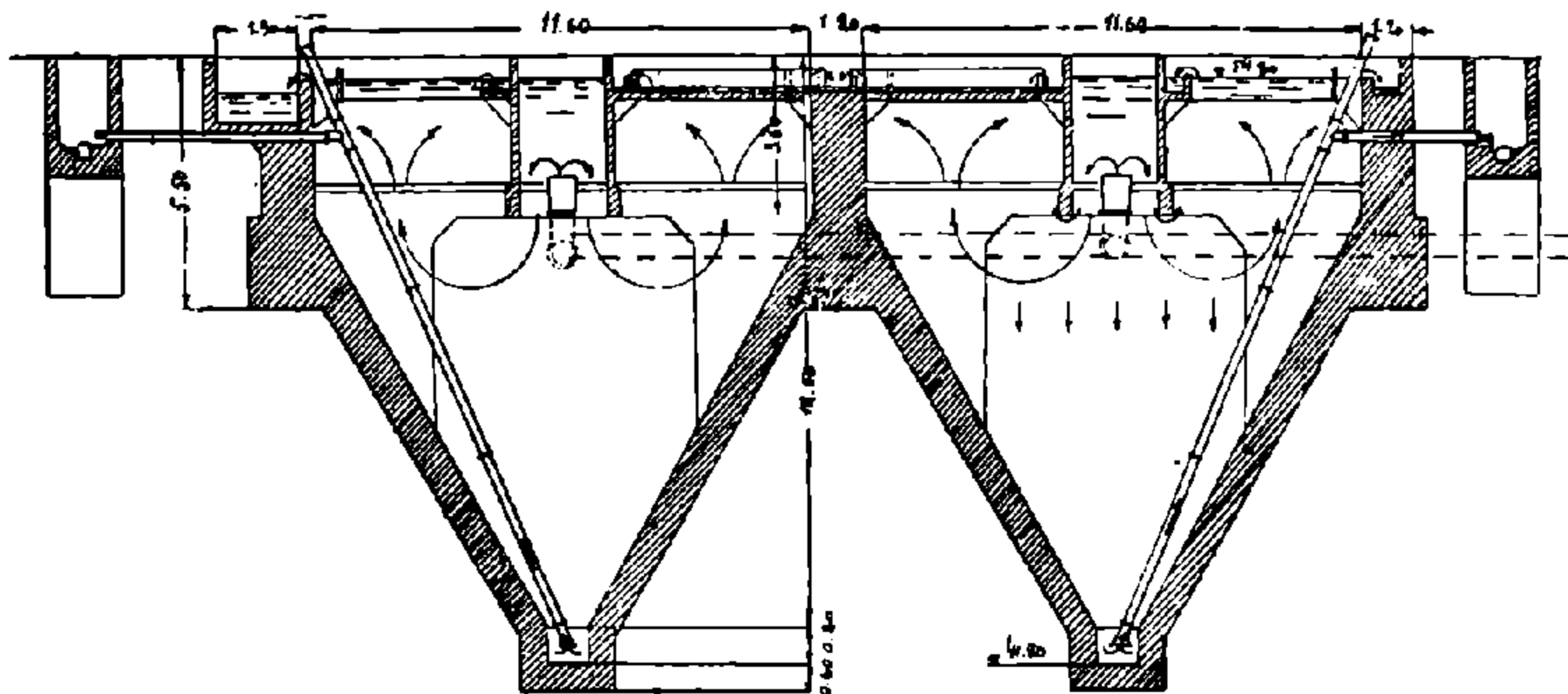


Рис. 93. Вертикальный отстойник установки Штансдорф.

Средняя скорость движения воды в отстойнике 1,0 мм/сек.

Схема работы отстойника и основные размеры видны из чертежей.

77
НБ
УДУНТ
(ДИТ)

Квадратные вертикальные отстойники устроены на Московской Кожуховской станции аэрации¹.

По данным инж. Н. П. Клитина время пребывания сточной воды в отстой-

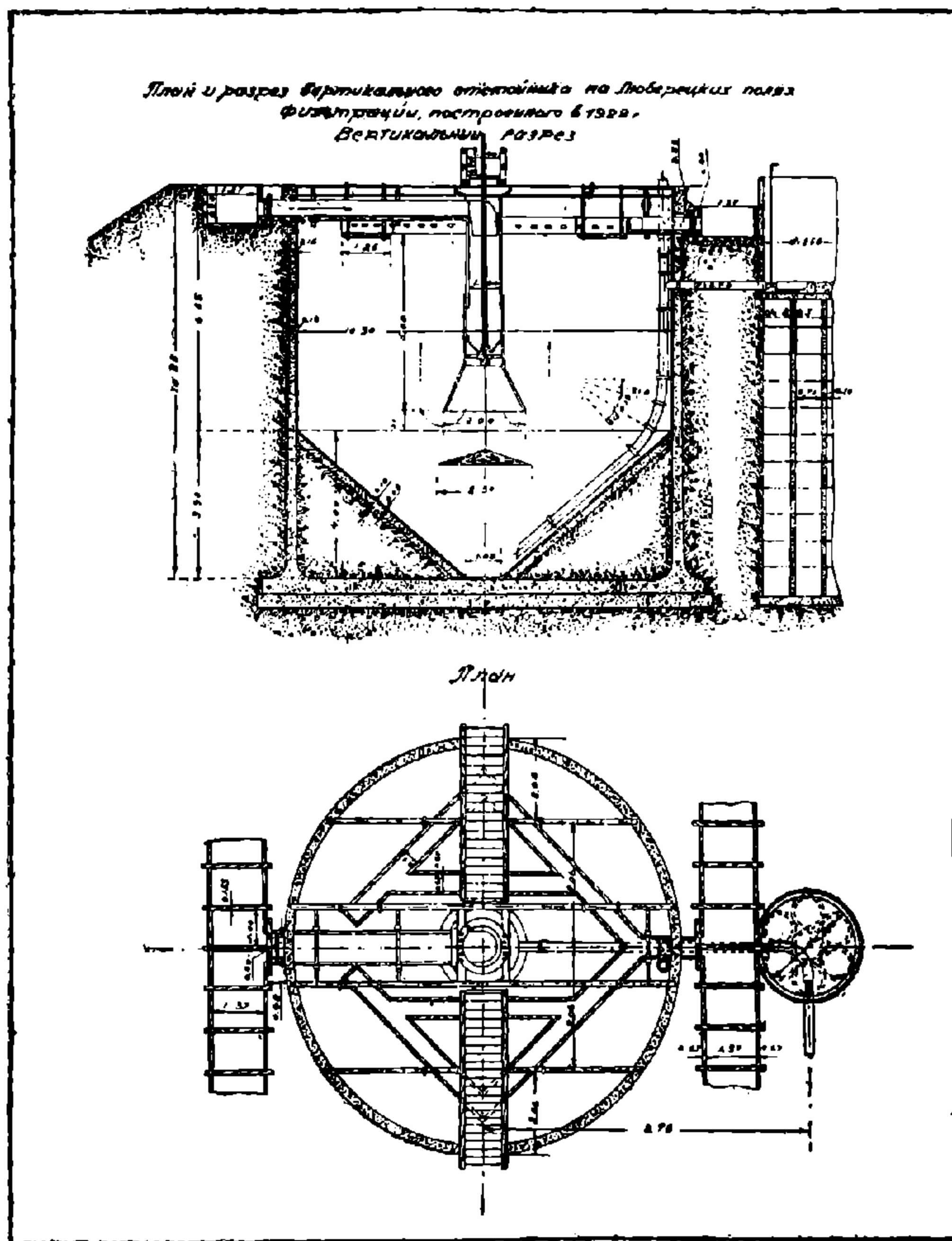


Рис. 94 и 95. Вертикальный отстойник Люберецких полей фильтрации (разрез и план).

нике 1,5 часа, скорость V меняется в пределах от 0,7 до 1,2 мм/сек. Эффект осветления 95%, влажность ила в пределах 91—95%, в среднем 93,5%, при ежесуточной выгрузке его.

Размеры и схема работы отстойников ясны из рисунков 96 и 97.

В отличие от Люберецких отстойников в Кожуховских осветленная вода уходит в желоба, расположенные по периметру отстойников, перед последними расположены плавающие ребра для удержания плавающих и жировых веществ, всплывающих на поверхность отстойника.

Значительно целесообразней удалять воду из вертикальных отстойников при помощи погруженных и расположенных внутри отстойника дырчатых желобов. Такое расположение отводящих желобов обеспечивает лучший эффект осветления благодаря равномерной работе отстойника и связанному с этим большему полезному использованию объема отстойника.

¹ Заимствован из статьи Деминой А. Т., Предварительные наблюдения над работой первичных отстойников вертикального типа.

Так как на поверхности отстойника собираются легкие плавающие и жировые вещества, то во избежание попадания этих веществ в боковые отверстия желобов, последние следует погружать в воду на столько, чтобы от поверхности воды до центров отверстий в боковых стенках желобов было бы не менее 0,50 м. За пределы отстойника выходит один общий желоб в виде канала прямоугольного сечения.

Уровень воды в канале, необходимый для затопления желобов в пределах отстойника, создается водосливной стенкой, устанавливаемой в канале (рис. 98).

Отметка водосливной стенки может быть определена гидравлическим расчетом. Отверстия в боковых стенках затопленных желобов устраивают квадратными, сечением $0,10 \times 0,10 \text{ м}^2$ (или еще меньше). Сечение самого желоба $0,40 \times 0,40 \text{ м}^2$.

Назовем количество отверстий в затопленных желобах через n , тогда расход на одно отверстие будет равен $\frac{q}{n}$, где q — расчетный расход отстойника.

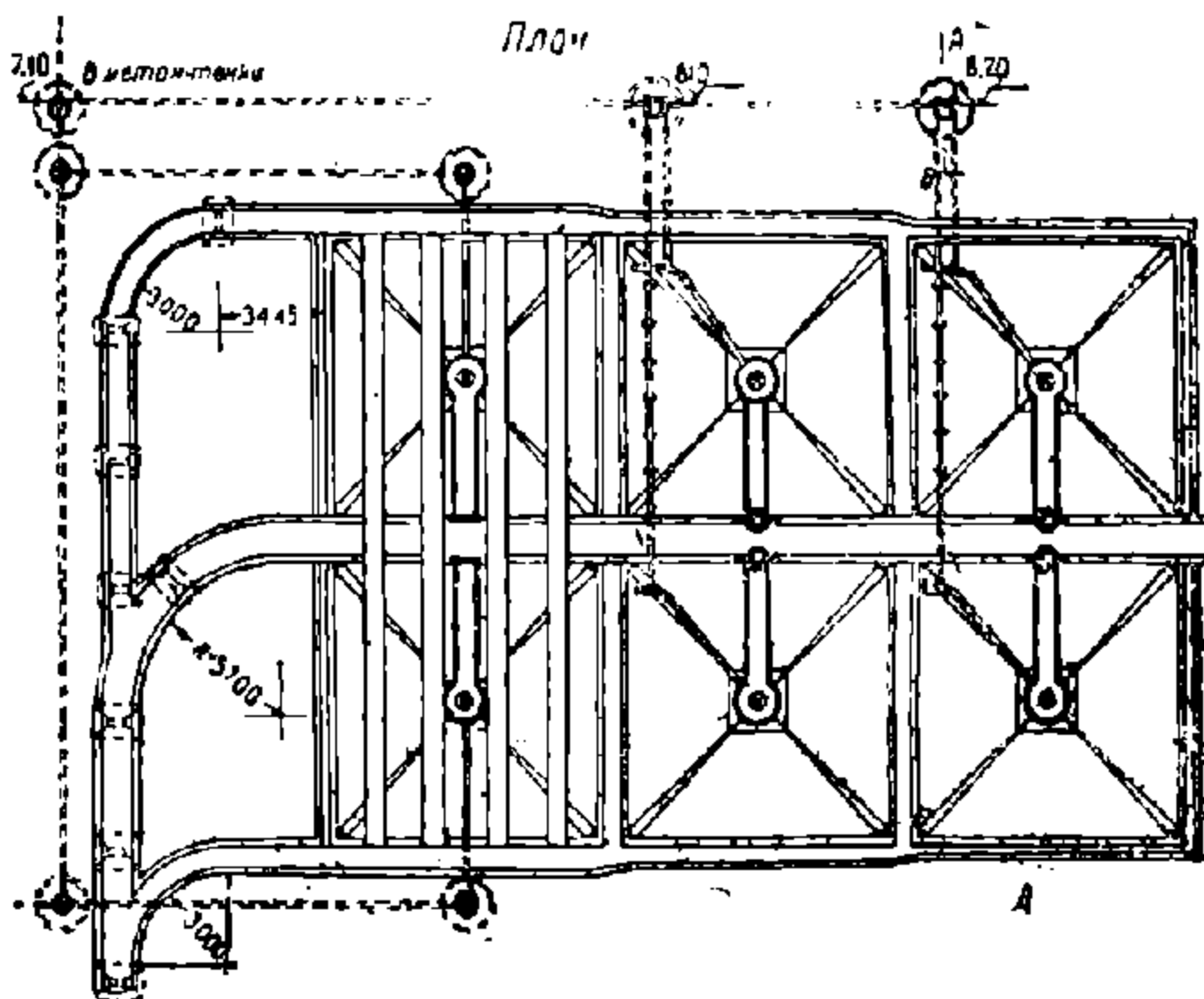


Рис. 96. Квадратные вертикальные отстойники Кожуховской станции аэрации (Москва). План.

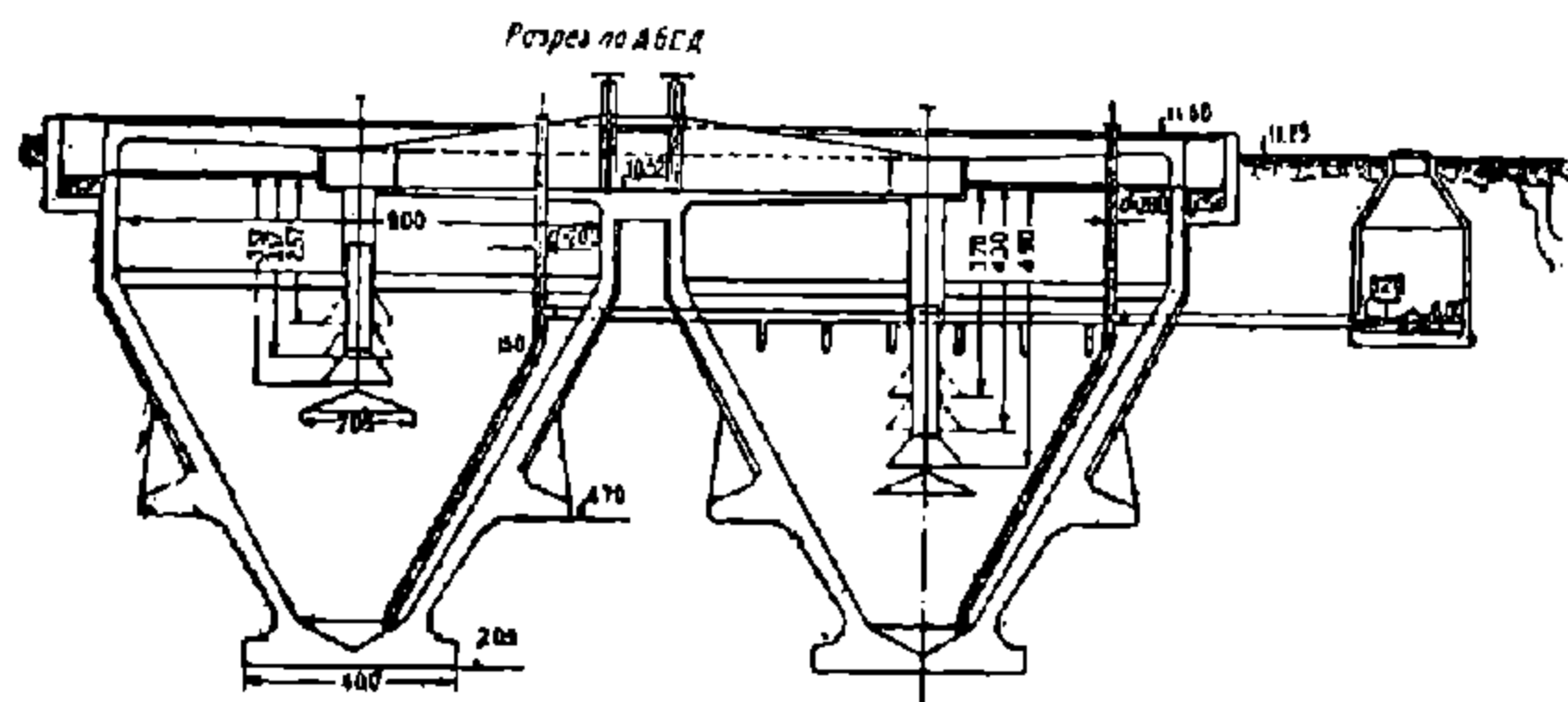


Рис. 97. Квадратные вертикальные отстойники Кожуховской станции аэрации. Разрез.

Потеря напора h_w на вход в желоб может быть определена по формуле расхода воды через отверстие

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH}.$$

В нашем случае

$$h_w = \frac{q^2}{n^2 \mu^2 \omega^2 2g};$$

Водосливную стенку в канале за пределами отстойника рассматриваем, как свободный водослив, с коэффициентом расхода около 0,42.

Если пренебречь скоростью подхода к водосливу, то необходимая высота слоя воды над ребром водослива H определится по формуле водослива

$$H = \sqrt[3]{\frac{q^2}{2gm^2b^2}}$$

где q — расчетный расход отстойника,

m — коэффициент расхода водослива = 0,42,

b — ширина канала, а следовательно, и водослива.

Ребро водосливной стенки должно иметь отметку на $(h_w + H)$ м ниже поверхности воды в отстойнике.

Пример: Определить высоту водосливной стенки в прямоугольном канале, отводящем воду из вертикального отстойника, если известен расчетный расход вертикального отстойника $q = 40 \text{ л/сек}$ и ширина прямоугольного канала $b = 0,5 \text{ м}$.

Принимаем затопленные желоба сечением $0,4 \times 0,4 \text{ м}^2$, размеры боковых

отверстий в них $0,075 \times 0,075 \text{ м}^2$; число отверстий $n = 80$.

Определяем потерю напора на вход в желоб

$$h_{\omega} = \frac{q^2}{n^2 \mu^2 \omega^2 2g}$$

$$q = 40 \text{ л/сек} = 0,04 \text{ м}^3/\text{с},$$

$$n = 80$$

$$\mu = 0,62 \text{ (коэффициент расхода),}$$

$$\omega = 0,075 \times 0,075 = 0,0056 \text{ м}^2.$$

$$h_{\omega} = \frac{0,04^2}{80^2 \times 0,62^2 \times 0,0056^2 \times 19,62} = 0,001 \text{ м} = 1 \text{ мм.}$$

Высота воды над ребром водосливной стенки будет равна

$$H = \sqrt[3]{\frac{q^2}{2gm^2b^2}} = \sqrt[3]{\frac{0,04^2}{19,62 \times 0,42^2 \times 0,5^2}} = 0,123 \text{ м.}$$

Если принять, что до центра боковых отверстий желоба от поверхности воды $h = 0,5 \text{ м}$, то до дна желоба $h_{\kappa} = 0,5 + \frac{0,4}{2} = 0,7 \text{ м}$.

Высота водосливной стенки определится по формуле:

$$h_s = h_{\kappa} - (h_{\omega} + H)$$

следовательно,

$$h_s = 0,70 - (0,001 + 0,123) = 0,576 \text{ м.}$$

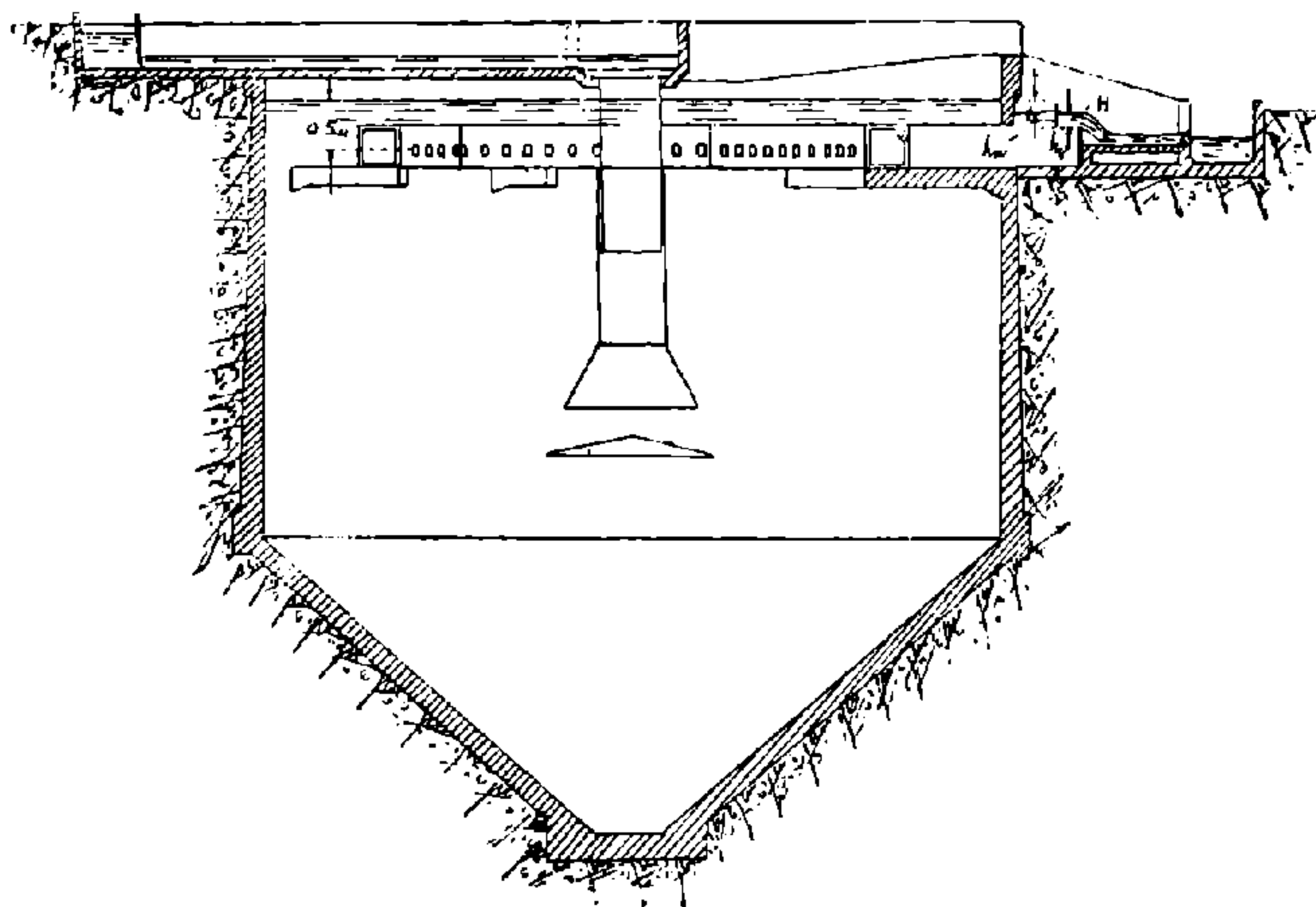


Рис. 98. Схема работы затопленного желоба.

Для извлечения ила применены чугунные трубы диаметром в 200 мм. Из приведенных данных видно, что эффект осветления сточных вод в вертикальных отстойниках значительно выше такового же в горизонтальных

отстойниках. Действительно, при эффекте осветления в горизонтальных отстойниках, хорошо работающих в 70—80%, в вертикальных цифра эта доходит до 90 и даже до 95,0%.

Материалами для сооружения вертикальных отстойников являются бетон, железо-бетон, кирпич, местный камень, при чем лотки, плавающие ребра, опускаемые трубы могут быть изготовлены из дерева.

Заканчивая главу об отстойниках, укажем, что стоимость сооружения отстойников, отнесенная к 1 м³ сточной воды в сутки, определяется в пределах от 10 до 25 руб. в зависимости от характера грунта, оборудования и т. д.

ХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ

§ 23

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

С целью интенсификации методов осаждения взвешенных веществ из сточной воды применяют различные химические реагенты, действующие на сточную воду, как коагулянты, и способствующие более быстрому и более совершенному осветлению ее.

Впервые химическое осаждение было применено еще в 1782 г. Дебуассье (Deboissie), взявшим патент на осветление сточных вод путем химического осаждения. Однако, только спустя 100 лет этот способ стали применять в крупных установках.

Так, в 1872 в Бирмингеме и в 1874 г. в Брайфорде для осаждения применяли известь. В 1889 году в Лондоне применили одновременно с известью и медь. Из Англии методы химического осаждения перекинулись на континент и в Америку.

Предполагалось, что химическое осаждение даст незагнивающую осветленную воду, а осадки, получающиеся в результате осветления сточной воды, найдут себе широкое применение в качестве удобрения.

Однако, надежды эти не оправдались. Химическое осаждение давало возможность удержать до 80—90% нерастворенных веществ и около 20—30% растворенных; но сток после осветления загнивал. Количество отбросов увеличилось по сравнению с обычным отстаиванием процентов на 30. Ил этот в виде удобрения почти не находил себе применения, загнивал он чрезвычайно быстро и требовал расходов на свое обезвреживание¹.

Все это повело к тому, что химическое осаждение не получило дальнейшего распространения, а там, где оно было применено, его заменили другими методами очистки.

Много средств при химической очистке уходит также на самые химические реагенты. Так, по данным Дунбара (Dunbar) Лондон в последних годах прошлого столетия затрачивал только на химические вещества для осаждения (известь и сульфат железа) около 1,5 миллиона марок ежегодно.

К этому нужно прибавить еще дополнительные расходы на приготовление растворов и на особые устройства для смешивания этих растворов со всей массой сточной воды.

В последнее время химическое осаждение находит себе применение почти исключительно при очистке производственных сточных вод.

Имгоф так характеризует состояние вопроса с химическим осаждением. Химическое осаждение городских сточных вод себя изжило. Со времени войны существовавшие ранее в Англии, Америке и Германии установки с химическим осаждением почти полностью перестроены на обыкновенные отстаивники. Химическое осаждение может применяться лишь в виде исключения для некоторых производственных стоков².

Несколько иной точки зрения придерживается Фуллер (Fuller)³.

¹ Дунбар, проф., Очистка сточных вод, 1910.

² Imhoff K., Die grosse Linie in der Abwassertechnik, 1933.

³ Fuller G. W., Recent Progress in Sewage Treatment, 1933.

Неудачи экономического порядка со многими канализационными установками в Америке заставят снова вернуться к вопросу химического осаждения, могущему дать положительный эффект при правильном и рациональном подборе реагентов, возможности их многократного использования и механизации всего дела очистки.

Фуллер указывает, что обычная механическая очистка уменьшает биохимическую потребность в кислороде на 33—40%, химическое же осаждение может довести эту цифру до 60 и даже 80%.

Фуллер ссылается на работы, проведенные в 1932 году в Нью-Йорке и в Деарборне.

Основным вопросом, как и раньше, является вопрос ила, который по Фуллеру может легко обезвоживаться на вакуум-фильтрах, речь о которых будет ниже.

Нужно думать, что техника очистки сточных вод все же в той или иной степени использует принципы химического осаждения, поэтому мы несколько на них и остановимся.

§ 24

СУЩНОСТЬ ХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ И ПРИМЕРЫ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ¹

Сточные воды, подлежащие очистке, могут содержать загрязняющие их примеси или в молекулярно растворенном состоянии, или в виде мельчайших подвешенных частиц. В последнем случае, в зависимости от величины этих частиц, мы имеем грубую суспензию или коллоидальный раствор.

В практике очистки сточных вод сравнительно редко является необходимость удалить вещества молекулярно растворенные.

Дело сводится в подобных случаях к выбору с чисто химической точки зрения такого реагента, который образовал бы с растворенным веществом осадок или же перевел бы его в другое соединение, более допустимое в воде.

Так, например, для обезвреживания сточной воды, содержащей свободную серную кислоту, выбирается та или иная щелочь (известь и т. д.).

Гораздо чаще, в практике, загрязняющие воду примеси находятся в виде подвешенных частиц.

Для очистки подобных вод применяются коагулянты. Если загрязняющие воду вещества находятся в коллоидальном состоянии (краски, органические примеси и т. п.), действие коагулянта сводится к их коагуляции, т. е. выделению в осадок.

Если загрязняющие примеси находятся в виде суспендированных (взвешенных) частиц, действие коагулянта сводится к ускорению их осаждения.

Обычно, в практике, для очистки воды применяются в качестве коагулянтов те или иные вещества, с химической точки зрения электролиты (электролитами называют вещества, дающие проводящие электрический ток растворы), без каких либо теоретических оснований для их выбора. Исключительно практические наблюдения создали тому или иному веществу репутацию хорошего коагулянта (серно-кислый глинозем, известь и т. п.).

Между тем, на основании экспериментальных данных, полученных различными исследователями, можно вывести теоретические основания для выбора коагулянта в каждом данном случае, или для замены одного коагулянта другим.

Во всех подобных исследованиях определяются наименьшие количества электролитов, производящие полную коагуляцию раствора определенной концентрации.

¹ Заимствовано из работы С. А. Вознесенского. Действие коагулянтов при очистке питьевых и сточных вод с физико-химической точки зрения. 1922.

Сравнивая найденные количества, можно судить о большем или меньшем коагулирующем действии.

Если для данного коллоидного раствора располагать коагулирующие вещества по степени их действия, то получаются определенные, закономерные ряды, различные в зависимости от электрического заряда коллоидного вещества.

Именно: для коллоидных растворов положительных, т. е. тех взвешенных частиц, которые несут положительный запас электричества, коагулянты — электролиты с одинаковыми катионами (кислоты, соли одного и того же металла) располагаются по степени возрастания основности их кислотного остатка; электролиты же с одинаковыми анионами (хлориды, сульфаты и т. д.) располагаются в ряды по степени уменьшения валентности их металлического иона.

Для коллоидальных же отрицательных растворов наблюдаются обратные отношения.

В практике, в большинстве случаев, приходится иметь дело с отрицательными растворами.

Исследования показали, что в тех случаях, когда мы имеем дело с отрицательными коллоидными растворами, хорошим коагулянтом является вообще всякая соль многовалентного металла, вот почему и применяют в качестве коагулянтов сернокислую окись железа, сернокислый глинозем и т. д.

Наоборот, если бы мы имели дело с положительными растворами, то эти же самые коагулянты не оказывали бы почти никакого действия. В последнем случае применимы соли одновалентных металлов.

Осаждение суспензий, т. е. систем, представляющих собою жидкую фазу с взвешенными в ней более или менее крупными частицами, имеет несколько иной характер, нежели коагуляция коллоидных растворов.

Коллоидные растворы при стоянии внешне не изменяются и только при коагуляции, вызванной тем или иным на них воздействием, выделяют в осадок свою твердую фазу. При этом коагуляция протекает с большой скоростью.

Суспензии же при стоянии обычно медленно и постепенно сами выделяют осадок, нарушая таким образом равномерность распределения своей твердой фазы. Чем медленнее происходит такое изменение, тем суспензия устойчивее, стабильнее.

Следующие факторы влияют на стабильность всякой дисперсной системы: величина взвешенных частиц, внутреннее трение среды, химическая природа среды и частиц, электрический заряд частиц и разница плотностей среды и частиц.

Всякое влияние на дисперсную систему, связанное с изменением ее стабильности, сводится к изменению одного или нескольких из названных факторов.

Влияние электролитов на суспензии проявляется в изменении их плотности (веса), вследствие имеющейся при этом адсорбции, и в изменении заряда частиц.

Исследования над осаждением для ряда отрицательных суспензий показывают, что кислоты обладают весьма большой осаждающей способностью.

Наоборот, щелочи одновалентных металлов при малых их концентрациях увеличивают стабильность суспензии, т. е. действуют подвешивающе.

Одноосновные кислоты и соли многовалентных металлов вызывают осаждение в наибольшей степени.

Опытные данные для суспензий указывают на тесную связь и близкую зависимость между явлениями осаждения суспензий и коагуляцией коллоидальных растворов.

Чем более данный электролит адсорбируется суспензией или коллоидом, тем больше он имеет коагулирующее действие.

Экспериментальные данные указывают кроме того на особую роль реакции

среды: кислая реакция является условием увеличения стабильности положительной суспензии, щелочная — отрицательной.

Взвешенные частицы грубых суспензий при спокойном стоянии обычно осаждаются самопроизвольно и постепенно. Различные частицы в зависимости от их величины осаждаются с различной скоростью, и суспензия, первоначально мутная, после нескольких дней или недель стояния, становится прозрачной. Прибавление электролитов обычно, не изменяя характера осаждения, изменяет, т. е. уменьшает или увеличивает его скорость.

Совершенно иначе протекает процесс под влиянием некоторых отдельных электролитов и особенно при одновременном действии смесей двух электролитов. Суспендированные частицы быстро слипаются и образуют хлопья, которые с большой скоростью осаждаются на дно сосуда, вследствие чего жидкость тотчас делается совершенно прозрачной.

В этом случае процесс осаждения весьма напоминает коагуляцию типичных коллоидных растворов, так что можно говорить о коагуляции грубых суспензий. Причем явление коагуляции грубых суспензий имеет место только при одновременном действии солей двухвалентных или трехвалентных металлов и щелочи.

В результате взаимодействия подобных веществ образуются трудно растворимые в воде гидраты окисей, при этом вещества, препятствующие образованию гидратов окисей, мешают и явлению коагуляции.

В основном сточные воды представляют щелочную среду и следовательно для их коагулирования, для химического осаждения взвешенных веществ необходимо применять соли многовалентных металлов.

Практика химического осаждения говорит о применении в качестве коагулянтов следующих солей: окись железа, сульфат железа, хлорное железо, сернокислый глинозем, известь, окись магния, углекислый калий и др.

Количество того или иного коагулянта зависит от состава сточной воды, при чем непостоянство состава сточной воды является также одним из слабых мест химического осаждения.

В качестве иллюстрации современной постановки химического осаждения приведем описание опытной установки в Пало-Альто (Palo-Alto), на которую ссылается Фуллер¹.

Стивенсон, автор поставленных в Пало-Альто опытных исследований, так описывает их.

Применяемое для химического осаждения хлорное железо ($FeCl_3$) благодаря регенерации может быть использовано до 50 раз.

Регенерация производится при помощи хлора в количестве от 10 до 30% от веса сухого осадка.

Регенерируемый осадок очень быстро образует хлопья, оседающие на дно; наличие в осадке органических веществ ведет к образованию хлорамина, обладающего высоким бактерицидным свойством. При повторной регенерации комья становятся легче, так как органические вещества уменьшают удельный вес ила.

Опытная установка в Пало-Альто состоит из первичного отстойника, двух смесителей, вторичного отстойника, снова смесителя и, наконец, последнего отстойника.

Путем прибавления ко вторичному смесителю 16 мг $FeCl_3$ на 1 л сточной воды удалось получить ил, дающий возможность в дальнейшем обходиться лишь 3 мг $FeCl_3$ на 1 л сточной воды. 10% полученного таким образом ила прибавляют в первые смесители для лучшего эффекта осветления во вторичном отстойнике. Получающийся во вторичном отстойнике ил направляют в сток, идущий в первичный отстойник. Исток из вторичного отстойника во втором смесителе перемешивается с регенерированным илом плюс 3 мг на 1 л свежего хлорного железа. Потребность в хлоре для регенерирования определяется в 3—4,5 кг на 100 м³ сточной воды, поступающей в пос-

¹ Stevenson, Ralph A., Chemical Sewage purification at Palo-Alto, 1933.

ледный отстойник. В результате получается осветленная вода, с уменьшенной биохимической потребностью кислорода в 96%.

Отстойники при химическом осаждении ничем не отличаются от обычных отстойников, расчет и конструкция коих приведены в главе IV.

Что же касается смешения реагентов со сточной водой, то могут быть применимы все те типы смесителей, которые применяются при коагулировании водопроводной воды, а именно — гидравлический прыжок, лопастные смесители, круглые смесители с тангенциальной подачей и др.

§ 25

ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

К группе химических методов осветления сточной воды следует отнести и метод электролитический, известный с 1889 года по работам Уебстера (Webster), произведенным в Лондоне над очисткой сточной воды. Результаты опытов Уебстера представляют значительный интерес. Уебстер пропускал в течение часа сквозь сточную воду электрический ток, пользуясь железными электродами, и получал незагнивающую воду; потребность в электроэнергии составляла 0,13 кв, расход железа 43 г на 1 м³.

Несмотря на столь благоприятные результаты, метод этот не нашел практического применения из-за большого количества оседающего при электролизе воды ила, использование коего в те годы еще не было известно.

Несколько позже ряд исследователей повторил эти опыты, но все они привели к отрицательным экономическим показателям.

Так, Клаудио Ферми (Claudio Fermi) пришел к выводу, что стоимость очистки 100 л обходится в 1 золотую марку. Надо думать, что в значительной степени отрицательные показатели получились в виду того, что опыты производились в исключительно малом масштабе.

Несколько лет тому назад метод электролитической очистки сточных вод был применен в Германии, в районе реки Нирс, и по данным Шмитц-Лендерса и Юнга (Schmitz-Lenders и Jung)¹ дал очень хорошие результаты и в лабораторной установке и в полужаводской установке в гор. Рейдт (Rheydt).

С целью защиты р. Нирс (провинция Дюссельдорф, Германия) от загрязнения ее сточными водами промышленных предприятий, а также и хоз. фекальными сточными водами, в 1927 году было основано общество „Нирс“. Общий сток сточных вод составляет 750 л/сек, при чем концентрация сточных вод весьма значительна, примерно в 2-3 раза больше по сравнению с нормальными хозяйственно-фекальными водами в силу попадания в сток вод кожевенных заводов и текстильных фабрик. Меженный расход реки Нирс составляет лишь 550 л/сек. Устроенные отстойники не могли оградить реку от загрязнений.

Общество „Нирс“ запроектировало установку с активным илом, но вследствие необходимости больших капиталовложений стало изыскивать более дешевые методы очистки. В числе прочих стали проверять и электролитический метод очистки сточных вод.

Проделанные работы показали экономичность и целесообразность применения электролитического метода очистки сточных вод, представляющего собою разновидность химической очистки.

Шмитц-Лендерс указывает, что электролитическим путем можно очищать большинство промышленных сточных вод и все хозяйственно-фекальные сточные воды.

На установке в Рейдте с весьма концентрированными водами, после очистки

¹ Schmitz-Lenders D. und Jung, Versuche des Niersverbandes zur elektrischen Abwasserreinigung, 1932.

потребность в $KMnO_4$ уменьшается на 50%, а био-химическая потребность кислорода на 60%. Это соответствует работе лучших механических очистных сооружений и $\frac{2}{3}$ работы биологической установки.

Сточная вода после прохождения через песколовку и решетку попадает в особый проточный бассейн, где в течение 15-30 минут подвергается действию электрического тока, проскакивающего между железными пластинчатыми электродами, расстояние между которыми принято в 1 см. Потребность в электроэнергии определяется в 0,15 кв/час на 1 м³ сточной воды.

Ионы железа действуют как коагулянт на сточную воду и вызывают образование крупных хлопьев гидрата окиси железа, часть из которых осаждается, а другая часть благодаря освобождению водорода при электролизе приподымается последним на поверхность бассейна.

Затрата железа составляет около 50 г на 1 м³ сточной воды, что по существующим ценам в Германии на новое железо составляет около 0,65 пф. на 1 м³.

Затем сточные воды направляются в осадочный бассейн, типа дортмундовского, в котором они пребывают около часа. Для лучшего осаждения сточная вода перед отстойником подвергается одно-или двухминутной продувке воздухом, освобождая всплывшие хлопья от частиц водорода.

Оседающие хлопья увлекают и коллоидальные частицы, цвет сточной жидкости из черного становится слегка желтоватым.

Весь процесс заканчивается в 1,5 часа против 7,25 при методах с активным илом, что значительно уменьшает потребность в первоначальных капиталовложениях (рис 99).

Выпавший ил направляется в камеры загнивания, а получающийся при этом газ вполне достаточен для потребного количества электроэнергии для электролиза.

С целью уменьшения расходов на железо можно применять старое железо, цены на которые примерно в два, два с половиною раза меньше, что позволяет довести расход на железо до 0,2 пфеннига на 1 м³ сточной воды.

Вопрос о применении хлорного железа, дающего тот же эффект, что и электролитический метод, по экономическим соображениям должен быть отброшен, так как для получения 50 г железа требуется около 240 г хлорного железа, стоящего 6 пф.

На рисунке 100 изображена опытная установка в гор. Рейдт.

Приведенные данные чрезвычайно интересны; следует предполагать, что соответствующие опыты в ближайшее время будут проведены и у нас в Союзе.

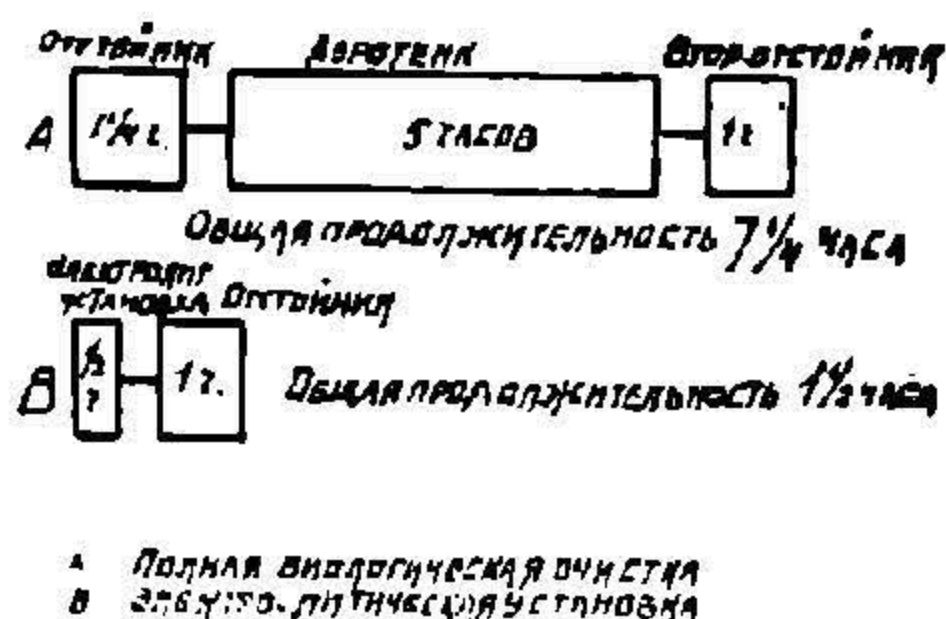


Рис. 99. Схема прохождения процессов очистки.

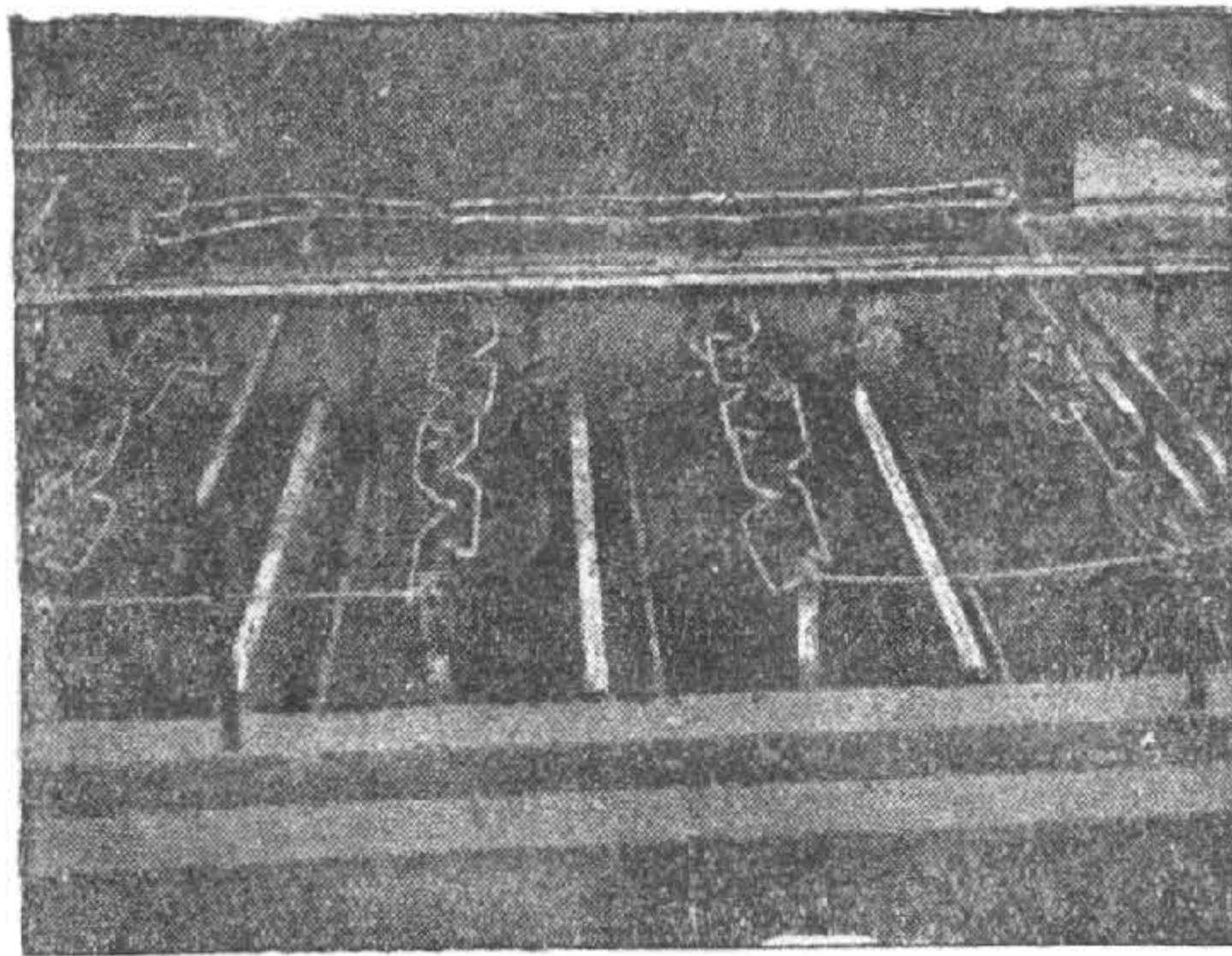


Рис. 100. Опытная электролитическая установка в гор. Рейдт.

ГНИЛОСТНЫЕ БАСЕЙНЫ — СЕПТИК-ТЭНКИ

§ 26

ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ

Для устранения недостатков отстойников в смысле необходимости почти ежесуточного удаления оседающего в них ила, транспортировки и специального обезвреживания его, стали применять, главным образом в Англии, гнилостные бассейны или септик-тэнки.

Гнилостный бассейн представляет по существу горизонтальный отстойник больших размеров, в котором происходит не только осаждение находящихся во взвешенном состоянии в сточной воде органических веществ, но также и их перегнивание.

Сточная вода пребывает в септик-тэнке обычно от 6 до 12 часов, а иногда и больше, осаждающийся же ил находится в нем до полугода, впредь до полного выгнивания.

Столь долгое пребывание в гнилостном бассейне воды и ила определяют его чрезвычайно большие размеры, вызывающие высокую стоимость устройства септик-тэнков.

Каковы же положительные стороны работы септик-тэнков?

Количество осаждающегося в гнилостных бассейнах органического ила, благодаря гнилостному процессу, вследствие обращения ила частично в газы и частично растворения его, а равно и вследствие уплотнения, значительно уменьшается.

В среднем, в гнилостных бассейнах количество ила уменьшается до 50%, причем цифра эта значительно колеблется в зависимости от характера стока. Наличие большого количества промышленных стоков, содержащих химические примеси, ведет к значительному уменьшению эффекта гнилостного бассейна.

Дунбар указывает, что предполагалось путем гнилостного процесса уменьшить количество ила на 70—80 и даже 90%. Впоследствии оказалось, что это уменьшение не превышает 58% в Гамптоне, 50% в Глазгове, 30% в Шеффилде, 25% в Бирмингеме и т. д.

Вторым достоинством гнилостных бассейнов является то, что осадки, благодаря гнилостному процессу, обращаются в легко высушиваемый, не обладающий запахами, ил.

Однако, недостатки гнилостных бассейнов (к рассмотрению коих мы сейчас перейдем) настолько велики, что вряд ли надлежит применять их в цепи очистных сооружений при современных условиях.

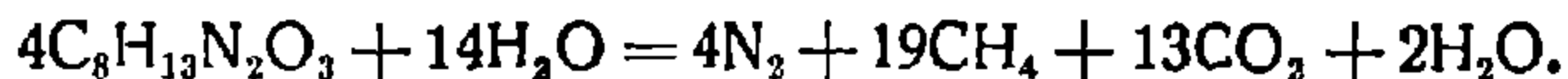
Рассмотрим процесс, происходящий в гнилостных бассейнах.

Оседающий на дно бассейна ил начинает загнивать, разлагается.

Органические частицы при этом обращаются частично в газы (сероводород, аммиак, углекислота, метан, водород, азот), частично растворяются, частично минерализуются. Так как процесс распада (разложения) не идет сразу, то образующиеся газы облегчают вес отдельных частиц и они всплывают на поверхность воды, образуя довольно толстую, землистого вида корку.

Действительно, на примере разложения альбумина ($C_8H_{13}N_2O_3$) мы сможем проследить образование газов, увлекающих на поверхность воды еще не разложившиеся частицы.

Реакция происходит по следующей формуле:



Процесс разложения органических веществ в анаэробных (без доступа воздуха) условиях представляет собою довольно сложный физико-химико-биологический процесс, более детально мы его рассмотрим при изучении двухъярусных отстойников (Эмшер-бассейнов).

Образующаяся на поверхности гнилостного бассейна корка, состоящая из остатков растений, бумаг, волос, жира и т. д., вязкая, обычно, она прорастает различными грибами, корни которых скрепляют корку.

Под влиянием дождей и условий жизни и роста грибков, периодически корка становится хрупкой и мельчайшими частицами начинает погружаться на дно, образуя на дне осадок перегнившего ила.

Толщина образующейся на поверхности гнилостного бассейна корки может достигать 1 м и значительно уменьшать полезный объем бассейна.

Приподымающиеся вверх и осаждающиеся частицы смешиваются с проходящим через гнилостный бассейн стоком и значительно изменяют состав сточных вод.

Англичане считали, что гнилостные бассейны облегчают дальнейшую биологическую обработку стоков и потому применяли их своевременно довольно широко.

Облегчение состояло в том, что гнилостные бассейны, как и всякие отстойники, способствовали осаждению взвешенных частиц, однако, сточная вода, прошедшая через гнилостный бассейн, ухудшалась качественно, вследствие загрязнения мельчайшими разлагающимися частицами, а это затрудняло дальнейшую их очистку; особенно скверно отражается на стоке из гнилостного бассейна появление в сточной воде значительного количества сероводорода, придающего сточным водам острый и неприятный запах.

Дунбар указывает, что особенно резко сказывается гнилостный процесс на водах, которые принимают кислый характер после гнилостного бассейна. Но даже и на обычных городских стоках уже сказывается гнилостный процесс. Так, по опытам Дунбара в Гамбурге на контактных фильтрах удавалось получать удовлетворительные результаты при шестикратном наполнении их в сутки свежими сточными водами, применяя же воды, прошедшие через гнилостный бассейн, удавалось наполнять фильтры только два раза.¹

Дунбар подчеркивает, что противоположность мнений английских исследователей происходила от того, что они сравнивали свежие воды, неосвобожденные от взвешенных веществ, со стоками из гнилостных бассейнов, в которых большая часть взвешенных веществ задерживается. Когда в ряде английских городов (Лидсе, Суттоне и др.) стали оперировать над свежими сточными водами, прошедшими через обычный отстойник, то получили результаты, совпадающие с Гамбургскими, т. е. лучшие при водах, неподвергнутых предварительному загниванию.

Насколько скверно отражается на дальнейшей очистке сточных вод их загнивание, можно на примере видеть как в современных условиях пущенной в 1931 г. очистной установке в Штрансдорф в Берлине, где сточные воды, поступающие на очистную станцию из магистрального коллектора, подвергаются в особых бассейнах специальной продувке воздухом, чтобы избавиться от сероводорода, получающегося в каналах по пути следования сточной воды до очистной станции.

Изложенное с достаточной определенностью говорит о том, что применение в современных условиях гнилостных бассейнов для механической очистки сточных вод нецелесообразно, так как они:

¹ Дунбар, проф. Очистка сточных вод, 1910.

1. Придают стокам из них гнилостный характер, причем воды эти выделяют чрезвычайно неприятный запах (сероводород).

2. Последующая биологическая очистка этих вод затруднительнее, чем свежих. В современных условиях мы стремимся, наоборот, поддержать сточные воды как можно дольше в свежем, незагнивающем виде, прибегая подчас даже к специальным мерам (хлорирование).

3. Сероводород скверно отражается на цементе, применяемом для канализационных сооружений.

В силу вышеприведенного мы не останавливаемся на методах расчета и конструкциях гнилостных бассейнов, представляющих по существу те же горизонтальные отстойники, обычно, открытого типа.

ДВУХ'ЯРУСНЫЕ ОТСТОЙНИКИ

§ 27

ГИДРОЛИТИЧЕСКИЙ ТЭНК Д-РА ТРЕВИСА

Идея, вложенная в септики, состояла в том, что выпадающие в отстойниках взвешенные частицы должны тут же перегнивать, что уменьшает количество ила, подлежащего в конце концов удалению, и делает его вполне безвредным. Однако, как выяснено выше, сточная вода при этом ухудшается, она загнивает, что осложняет дальнейшую ее очистку.

Доктор Тревис (Travis) в 1902 г. предложил устройство так называемого гидролитического тэнка (бассейна), представляющего собою горизонтальный отстойник, причем осаждающиеся в отстойнике иловые частицы с некоторым количеством сточной воды через отверстия в дне его попадают в соседнюю, ниже расположенную камеру, где и перегнивают, причем камера эта проточная, излишек воды попадает в третью камеру и после осветления в ней смешивается с общим стоком.

Таким образом, в гидролитическом тэнке д-ра Тревиса не происходит перемешивания всей массы сточной воды с перегнивающим илом, а только часть воды (около $\frac{1}{8}$ от общего количества) проходит через проточную камеру перегнивания и качественно ухудшается. Будучи смешана потом с общим стоком, эта часть воды, конечно, несколько видоизменяет общий сток, но все же он не имеет при этом гнилостного характера.

Д-р Тревис не ограничился лишь разделением основной массы сточной воды от перегнивающего ила, чем он резко улучшил качество осветленной воды по сравнению с гнилостным бассейном, он интенсифицировал и самое осаждение взвешенных частиц.

В горизонтальных отстойниках осаждаются обычно от 70 до 80% взвешенных веществ, остальное количество наиболее мелких частиц, в том числе и коллоидальных, остается в осветленной воде.

Д-р Тревис установил в первой и третьей камерах своего гидролитического тэнка по пути следования воды вертикальные деревянные гладкие решетки, назначение которых—осаждать мельчайшие частицы. Действительно, встречая препятствие в виде решетки, эти частицы оседают на поверхности решеток, скапливаются на них, образуя комки взвешенных частиц, удельный вес коих превышает единицу, после чего комки эти скатываются вниз и попадают вместе со всем оседающим илом в камеру перегнивания.

Решетки, установленные в гидролитическом тэнке, Тревис называет коллоидорами, вследствие назначения их удерживать коллоидальные частицы.

Наличие коллоидоров позволяет доводить эффект осветления до 95% в отношении взвешенных частиц и до 40% в отношении коллоидальных веществ.

Первую камеру, в которой происходит основное осаждение, Тревис называет осадочной камерой, вторую камеру, камеру перегнивания осевшего ила, — редуционной камерой и, наконец, третью и последнюю камеру, в которой происходит осветление загнившей воды из редуционной камеры, Тревис называет гидролизационной камерой.

Скорость осаждения и время пребывания сточной воды в отдельных камерах гидrolитического тѣнка определяется таблицей 17.

Т а б л и ц а 17

Наименование камер	Скорость в м.м/сек	Время пребывания в часах
Осадочная камера . .	3 — 4,5	3 — 4
Редукционная камера	1 — 1,5	8 — 12
Гидролизационная камера	2 — 3	1,5 — 2,5

По конструкции своей гидrolитические тѣнки устраиваются прямоугольными и круглыми. Последние получили наибольшее распространение.

На рисунках 101 и 102 приведен гидrolитический тѣнок Тревиса круглой формы, сооруженный в городе Литоне.

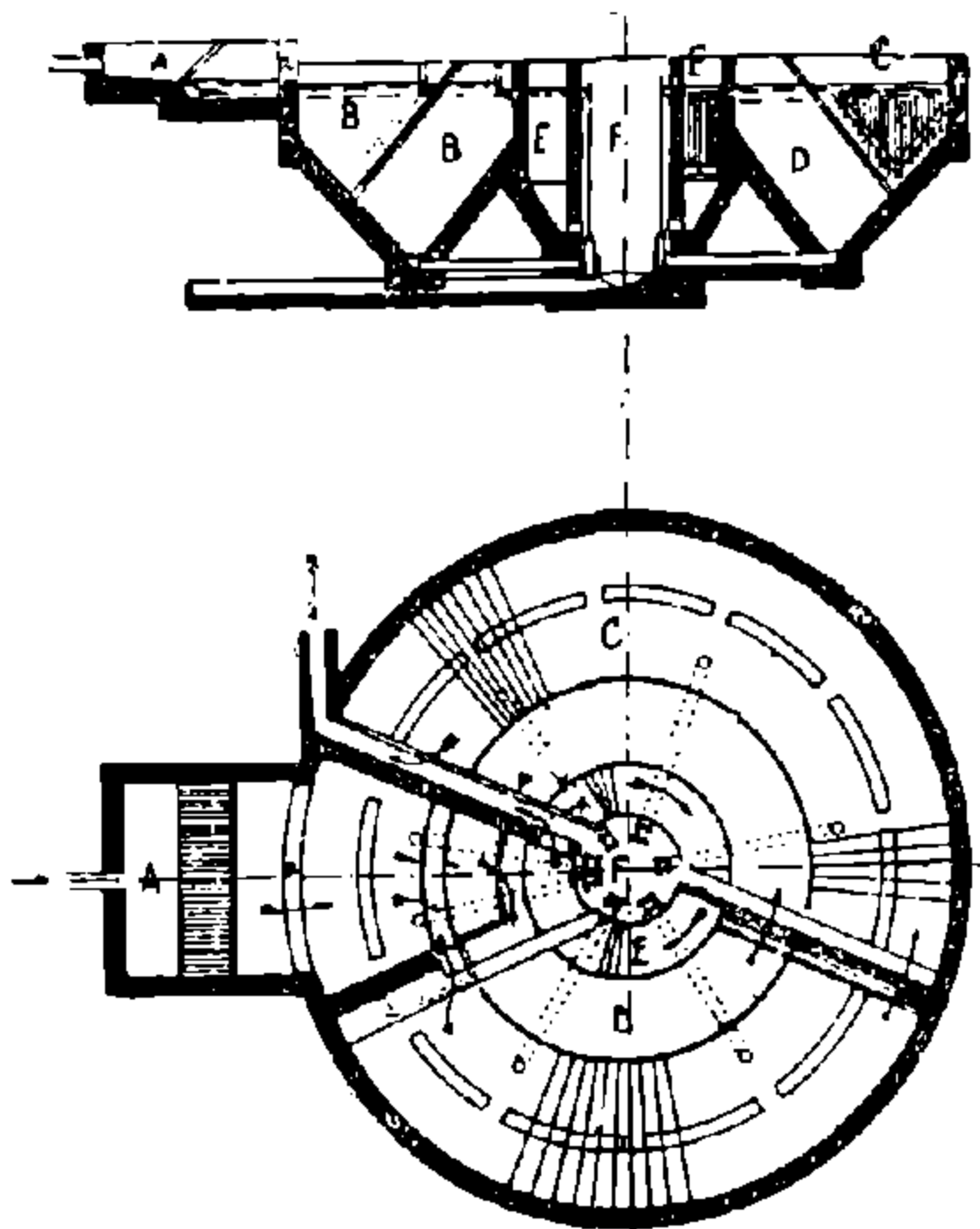


Рис. 101 Гидролитический тѣнок д-ра Тревиса. Разрез.

Рис. 102 Гидролитический тѣнок д-ра Тревиса. План.

Литонский гидrolитический тѣнок, как видно из чертежей, состоит из 3-х концентрических камер, разделенных радиальными перегородками на отдельные секторы, причем центральную часть занимает колодец для сбора осадков *F*, средняя камера *E* служит гидролизационной камерой, а в наружной части устраивается осадочная камера *C* и редукционная *D*. В начале осадочной камеры *C* помещена песколовка *B*. Движение сточных вод показано на рисунке 102 стрелками. Удаление осадков производится по трубам. Удаление пены и жира производится в центральный колодец по радиальным каналам. Осадки из гидrolитических тѣнков содержат до 90% воды.

У нас в Союзе гидrolитические тѣнки построены в Харькове (один) и в Симферополе.

Основным материалом для сооружения гидrolитических тѣнков является железобетон.

Несмотря на хороший эффект работы, гидrolитические тѣнки не получили широкого распространения в силу чрезвычайно сложной конструкции их и большой, следовательно, стоимости.

В гидrolитических тѣнках чрезвычайно осложнен также выпуск и отвод ила.

§ 28

ЭМШЕР-БАССЕЙНЫ. СУЩНОСТЬ РАБОТЫ ИХ

Дальнейшим развитием гидrolитического тѣнка д-ра Тревиса является Эмшер-бассейн, представляющий собою двухъярусный отстойник, верхняя часть которого представляет собственно отстойный бассейн (осадочная часть), а нижняя часть является септической частью — бассейном для перегнивания ила.

Называется указанная конструкция бассейна, состоящего из двух частей, — Эмшер-бассейном потому, что она впервые была применена для осветления сточных вод в Германии, в долине реки Эмшер.

Автором Эмшер-бассейна является инж. Имгоф (Imhoff), ранее несколько водоизменивший гидrolитический танк д-ра Тревиса, а затем уже давший оригинальную конструкцию Эмшер-бассейна (1906 г).

Несмотря на сравнительно короткий срок со времени предложения Имгофом его оригинальной конструкции бассейна для осветления сточных вод, Эмшер-бассейны получили чрезвычайно широкое распространение не только в Германии, но в особенности в Соединенных Штатах Америки, а за последние годы, в связи с развертыванием канализационного строительства, и у нас в Союзе.

Основной принцип работы Эмшер-бассейнов состоит в том, что сточная вода, проходя через верхнюю осадочную часть, как через отстойник, освобождается от взвешенных частиц и в свежем, незагнившем, но осветленном виде направляется либо в естественный водоем, либо для дальнейшей биологической очистки.

Осевший в осадочной части ил проваливается в расположенную под ним камеру для перегнивания ила, где в результате биологического анаэробного процесса значительная часть органических частиц минерализуется, уменьшается в объеме, при этом получается газ метан, могущий быть использованным для любых целей, а обезвреженный ил, уменьшившийся в объеме, вполне транспортабельный, может быть использован в целях удобрения или на топливо.

Простейшая схема Эмшер-бассейна представлена на рисунке 103.

Верхняя часть бассейна, обычно в форме лотка с наклонными нижними гранями, представляет собою осадочную часть — отстойник.

Расчет его ведется, как и всякого горизонтального отстойника, причем время пребывания сточной воды в нем принимают равным от одного до двух часов.

Скорость движения v принимают от 3 до 6 мм/сек.

Примечание: Верхний предел скорости можно было бы и несколько повысить, однако, все недостатки, свойственные горизонтальным отстойникам, присущи и осадочной части Эмшер-бассейна, в силу чего действительные скорости будут выше расчетных скоростей, что и лимитирует увеличение последних.

В начале и в конце осадочной части устанавливаются плавающие ребра: входное ребро для равномерного распределения входящего потока сточной воды, выходное для удержания на поверхности воды всплывающих частиц (жира).

Глубина осадочной части принимается в пределах до 2 м, исходя из соображений, изложенных в главе об отстойниках. Осветлительный эффект осадочной части Эмшер-бассейна около 70 — 80%.

Нижней части осадочного лотка Эмшер-бассейна придают уклон от 1:1 до 1:1,5 с целью обеспечения сползания оседающих частиц в загнивательную часть Эмшер-бассейна.

Посредине лотка для попадания оседающих частиц в септическую часть устраивается зазор (щель), шириною от 15 до 30 см, чаще всего в 20 см.

Под щелью осадочной части, в загнивательной (септической) части Эмшер-бассейна расположена трехгранная призма, назначение которой, с одной стороны, распределять равномерно по ширине загнивательной части поступающие осадки, а с другой стороны — оберегать осадочную часть от обра-

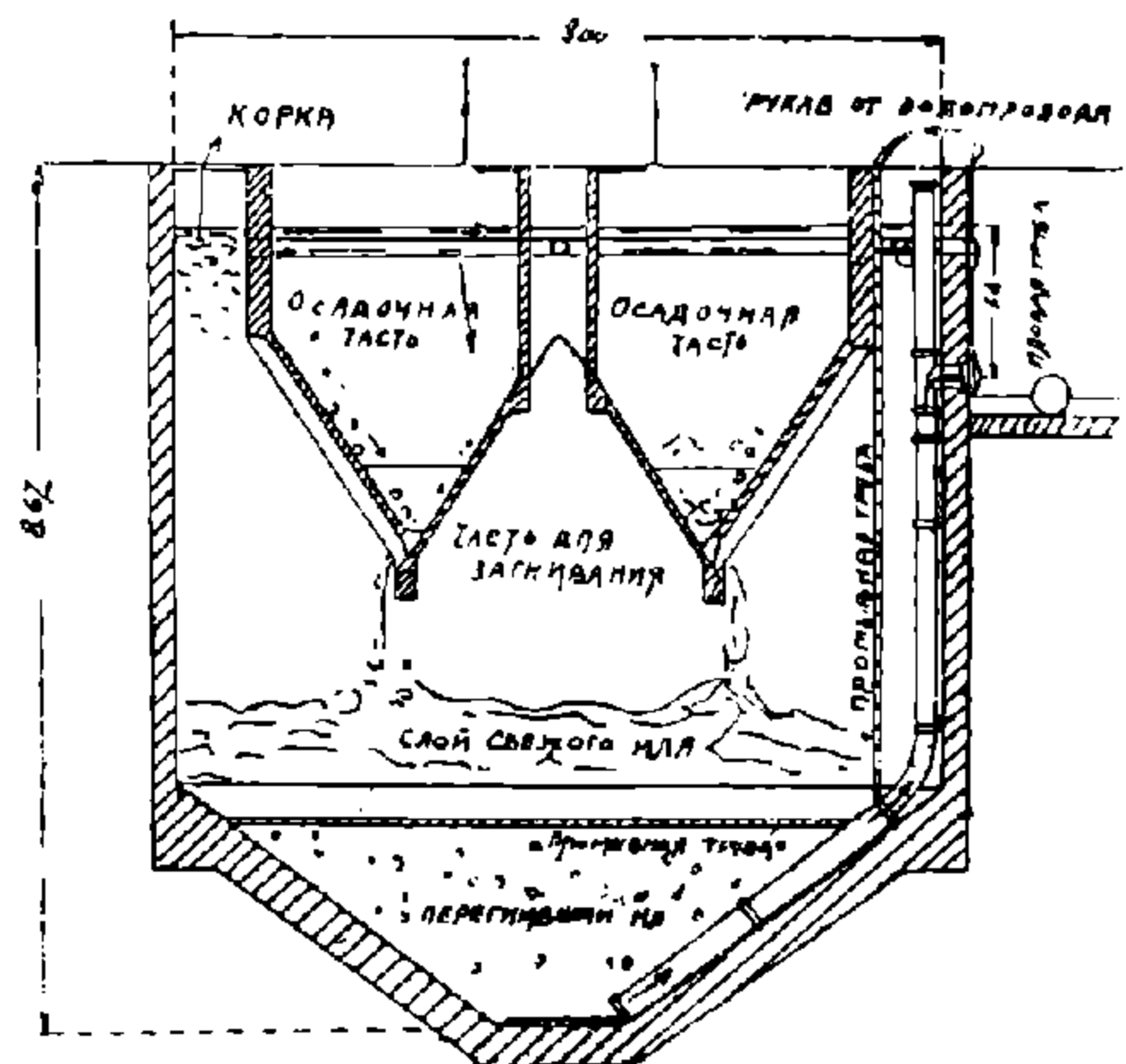


Рис. 103. Схема Эмшер-бассейна.

зующихся в загнивательной части газов (приподымающих разлагающиеся частицы), путем отклонения их от прямого вертикального направления.

Прохождение газов с уносимыми ими частицами органических веществ, находящимися в стадии разложения (загнивания), через осадочную часть ухудшило бы качество протекающей по ней сточной воды.

Попавшие в загнивательную часть осадки чрезвычайно быстро начинают загнивать, при этом происходит сложный распад осадка сточной жидкости в анаэробных условиях.

По словам К. Н. Королькова¹ в загнивательной части Эмшер-бассейна микробы, ведущие анаэробный распад органического вещества с обильным выделением газа метана, находят, видимо, наиболее благоприятные условия для своей жизнедеятельности.

В моменты усиленного газообразования вся жидкость в загнивательной части наполнена роем движущихся вверх и вниз частиц.

Однако, не всегда разложение осадка происходит в нормальных условиях, практика показала, что осадок способен подвергаться различным типам брожения. До настоящего времени четко выявлены два таких типа: нормальное щелочное брожение и аномальное — кислое.

Типичным для Эмшер бассейна является нормальное щелочное или метановое брожение — различные авторы дают ему различное название. Для осадка, подвергавшегося распаду по этому типу, характерен уже его внешний вид: он черного или темно-серого цвета и состоит из хлопьев, очень похожих при первом взгляде на зерна. Осадок обладает своеобразным, но не неприятным запахом, напоминающим запах резины, расплавленного сургуча, асфальта. Находящаяся в нем жидкость, легко отделяющаяся от него при фильтрации через бумажный фильтр, прозрачна, обладает нейтральной или слабо-щелочной реакцией. Выделяющийся при его распаде газ в большинстве случаев лишен сероводорода. Весь осадок пропитан пузырьками газа, легко отдает воду и заключающийся в нем газ, легко сушится на дренированных сушильных площадках. Так его характеризуют Имгоф, Тумм, Шпильнер.

Второй тип брожения, это кислотный или кислый распад.

При нем осадок желтого или, в крайнем случае, серого цвета и пахнет отвратительно. Трудно отделяющаяся от него жидкость обладает, как и он сам, кислой реакцией и мутна, часто совершенно непрозрачна. Осадок плохо сохнет на дренированных площадках и плохо отдает заключающийся в нем газ. Имгоф добавляет, что разложение осадка протекает при кислотном брожении очень медленно, и осадок обладает меньшим удельным весом, в силу чего он легче всплывает и чаще держится в виде плавающего слоя внутри Эмшерского бассейна.

К. Н. Корольков указывает далее, что по его наблюдениям такая характеристика вполне подтверждается, и он дает следующее определение вышеуказанных основных типов брожения:

1. Нормальное брожение Эмшерского осадка представляет собою анаэробный распад органического вещества, при котором в окружающей его жидкости не происходит накопления летучих жирных кислот, что имеет место в силу их разложения бактериями, в конечном результате, до метана (CH_4), водорода (H_2) и углекислоты (CO_2).

2. Кислотное брожение — это также анаэробный распад, при котором разложение органического вещества идет только до жирных кислот (из летучих преимущественно до уксусной и масляной), остающихся и накапливающихся в жидкости осадка в качестве конечных продуктов распада, что вызвано отсутствием или пониженной деятельностью бактерий-потребителей (разрушителей) кислот.

Принимая за основное положение, что процессы, протекающие в нормальном

¹ Корольков К. Н., инж., Распад осадка сточной жидкости в анаэробных условиях, 1926.

распадающемся осадке, обязаны своим происхождением наличию сложного комплекса анаэробных бактерий, следует, по указанию К. Н. Королькова, для получения надлежащего эффекта в подобных сооружениях считаться со следующими тремя основными положениями, обуславливающими возможность проводить этот биологический процесс:

1. Принимая во внимание особенности разлагаемого вещества (его нерастворимость) и свойства действующих бактерий (медленность их размножения), необходимо:

а) наличие заражающего материала в количествах, гарантирующих развитие надлежащей бактериальной флоры;

б) создание условий тесного смешения свежего осадка со зрелым, что обеспечит быстрое и энергичное воздействие активных микробов зрелого осадка на вновь прибавляемый свежий осадок.

2. Вторым основным требованием является наличие среды, благоприятствующей росту специфических микробов. Такой средой является сточная вода с рН в пределах от 7,2 до 7,6 (у Королькова рН — 7,8).

3. Температура является фактором, резко сказывающимся на процессе газообразования и, следовательно, на распаде осадка, и должна особо учитываться при проектировании Эмшер-бассейна.

В силу изложенного, необходимо при пуске в работу нового Эмшер-бассейна обеспечить его соответствующим количеством перегнившего ила, густо заселенного бактериями, способствующими нормальному прохождению анаэробного процесса — метанового брожения.

В противном случае, в течение довольно длительного периода (до 6-ти месяцев и более) в Эмшер-бассейне идет процесс кислого брожения, пока не созреет ил.

Процесс перемешивания свежего ила со зрелым чрезвычайно благоприятствует распаду свежего осадка и происходит он при нормальном брожении за счет газообразования.

Механическое перемешивание осадка в Эмшер-бассейнах применяется чрезвычайно редко и производится оно, главным образом, за счет пуска внутрь загнивательной части снизу воды под напором.

Обычно состав сточных вод слабо щелочный и соответствует оптимуму для рН в пределах от 7,2 до 7,6. При наличии кислых промышленных стоков, уменьшающих рН и создающих в силу этого неблагоприятную среду для жизнедеятельности бактерий, способствующих прохождению нормального метанового брожения, приходится прибавлять к стоку, для нейтрализации его, раствор извести.

Хотя единства мнений по сему вопросу в кругу специалистов и нет, но нам думается, что прибавление извести безусловно благоприятствует жизнедеятельности бактерий, ведущих распад жирных кислот.

Влияние температуры на интенсивность распада осадка признается всеми. Это можно иллюстрировать зависимостью, изученной Эдди (Eddy) (1902), Сирпом (Sierp) (1923 г.) и Блунком (Blunc) (1924 г.), между температурой и газообразованием, как показателем интенсивности распада осадка¹.

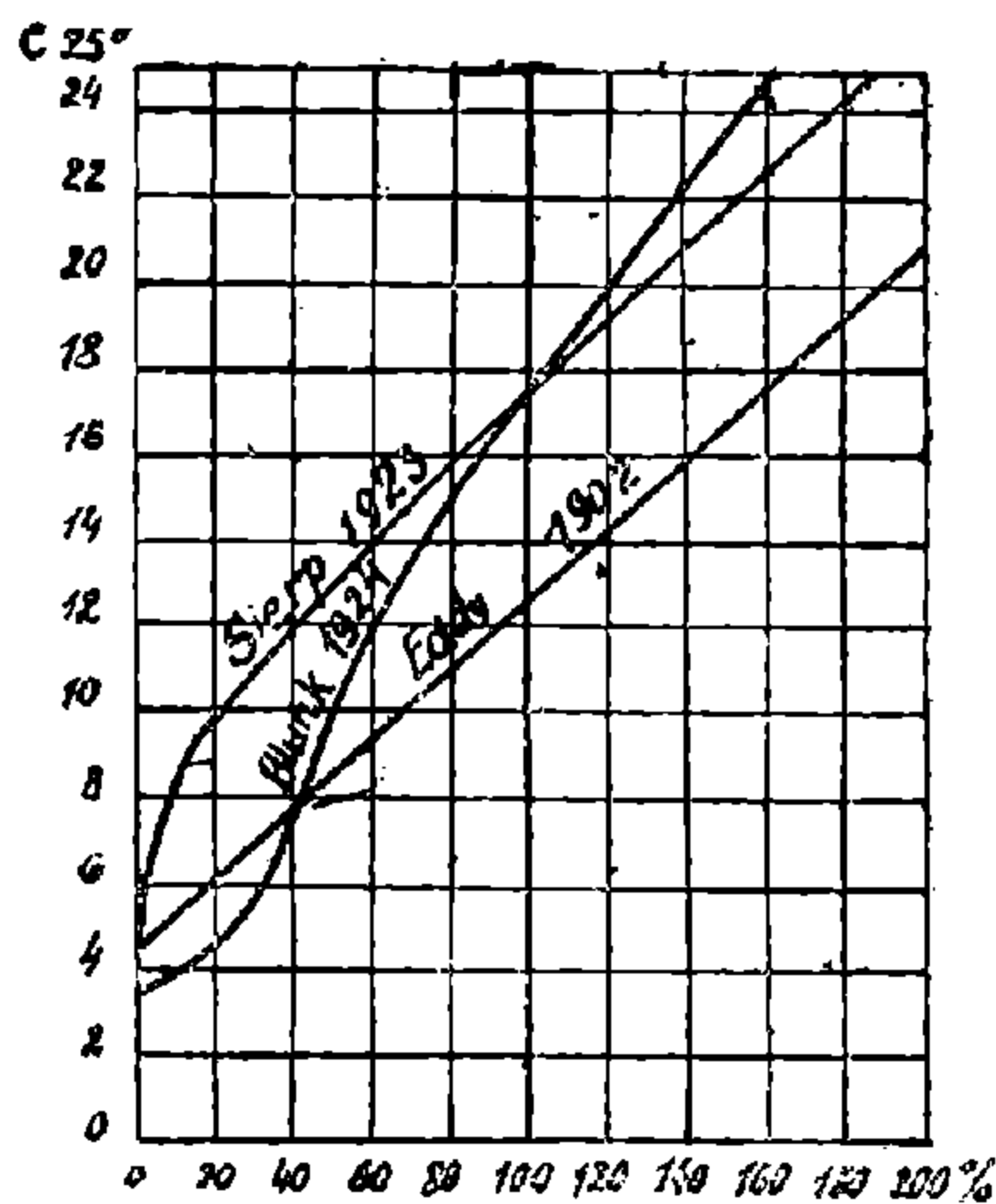


Рис. 104. Диаграмма влияния температуры на газообразование.

¹ Imhoff K., Fortschritte der Abwasserreinigung, 1925.

При среднегодовой температуре ила по Эдди в $12,5^{\circ}$, количество получающегося объема газа принимается за 100%, при температуре в 8° — количество это падает до 45%, и, наоборот, при повышении температуры на те же $4,5^{\circ}$, т. е. до 17° , количество объемов газа доходит до 155%.

По Сирпу за 100% признается количество газа, получающееся при среднегодовой температуре ила в 17° , при температуре в 13° количество объемов газа падает до 40%, а при повышении температуры до 23° — количество объемов газа повышается до 170%.

По Блунку получается аналогичная картина.

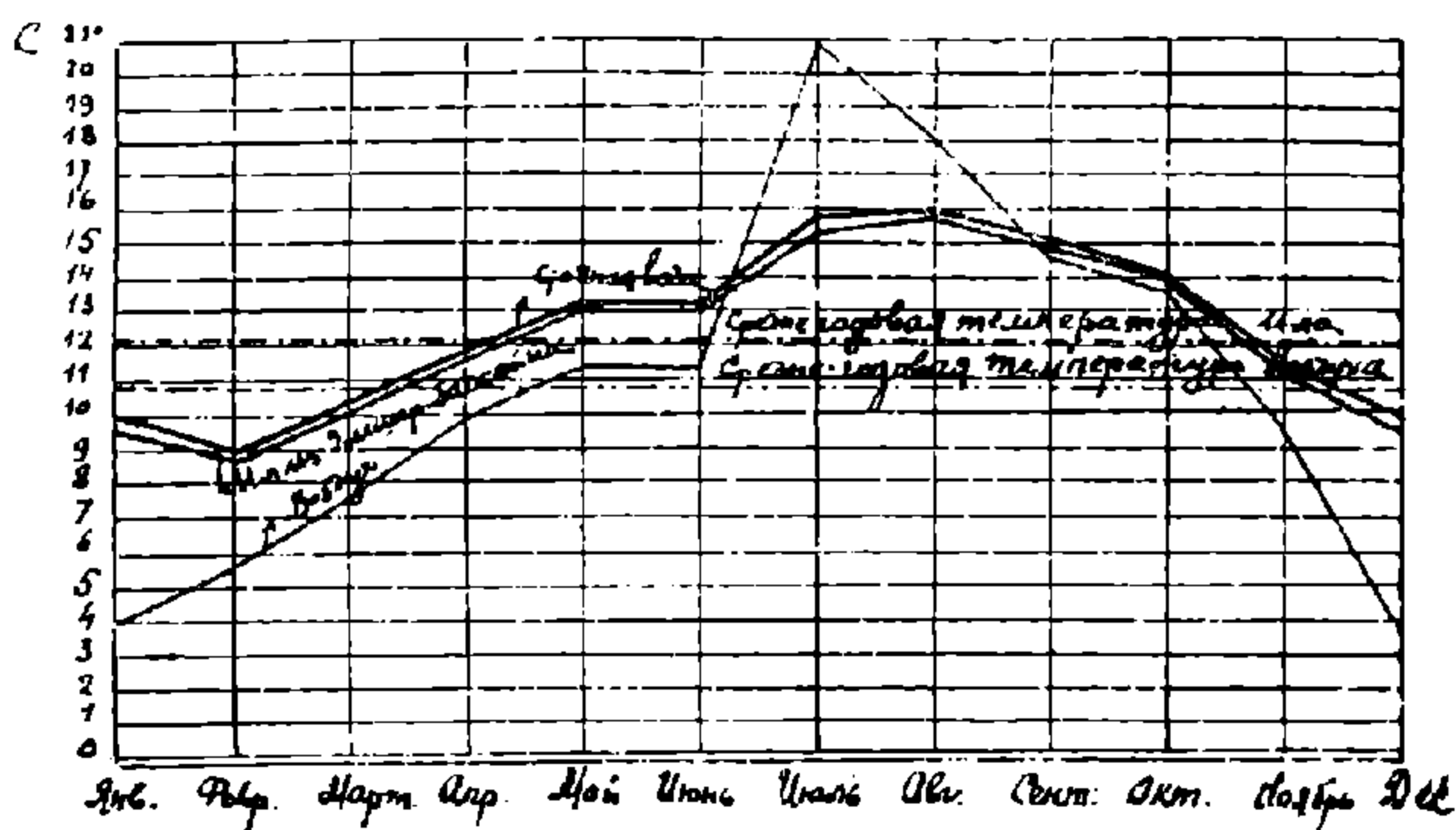


Рис. 105. Диаграмма зависимости между температурой воздуха, сточной воды и ила. (установка в Эссен-Франгаузен).

Чем выше температура сточной воды, ила и воздуха, тем интенсивней происходит распад осадка, тем скорее во вновь пущенном в работу Эмшер-бассейне наступает метановое брожение.

В силу изложенного, рекомендуют пускать в работу Эмшер-бассейны летом.

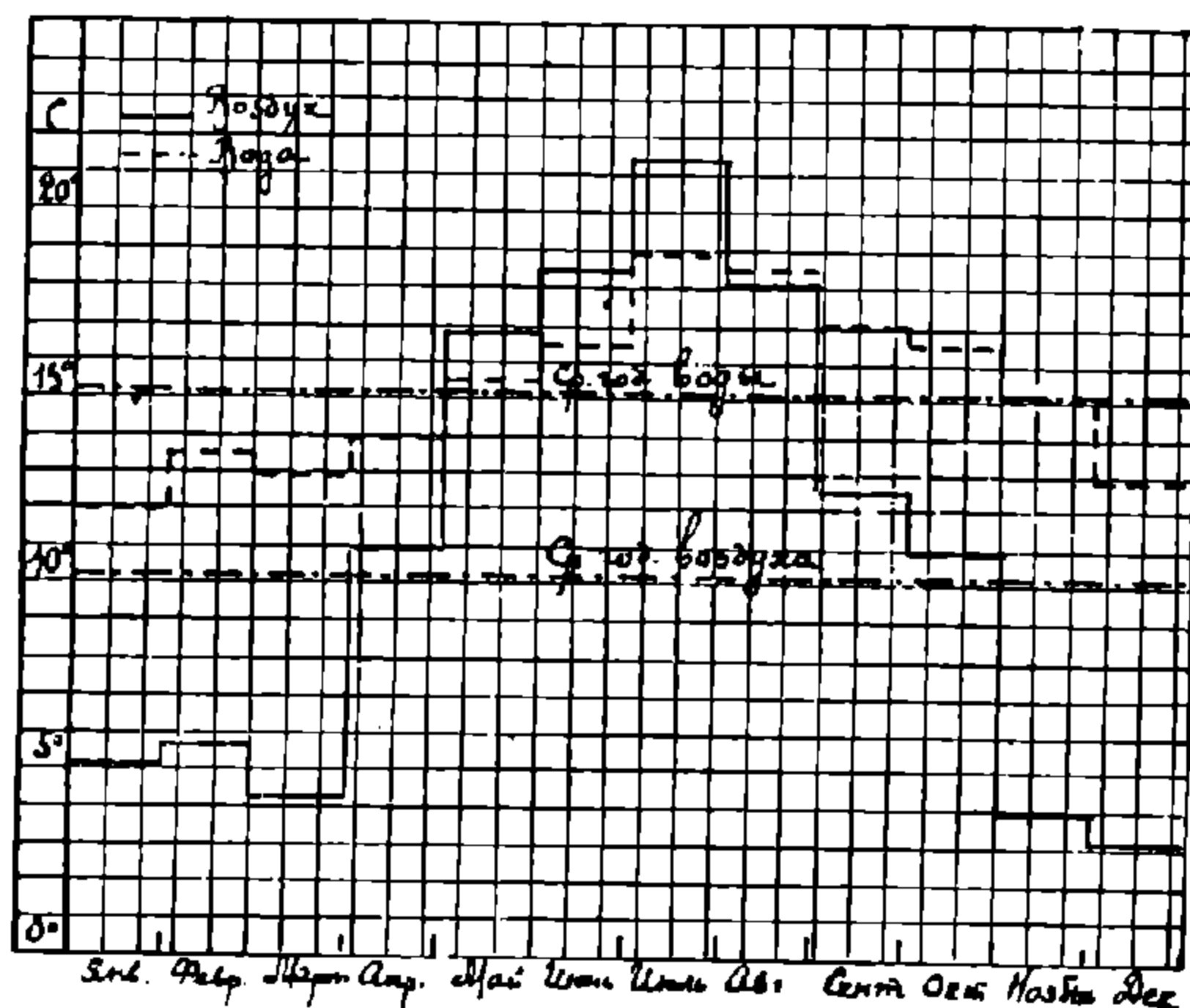


Рис. 106. Диаграмма зависимости между температурой воздуха и воды (установка в Эссен-Релингаузен).

Чрезвычайно важно выяснить зависимость между температурой воздуха, сточной воды и ила в загнивателе Эмшер-бассейна.

В качестве иллюстрации приведем данные, полученные Имгофом на установке в Эссен-Фронгаузен¹ (рис. 105).

¹ Imhoff K., Fortschritte der Abwasserreinigung, 1925.

НБ
УДУНТ
(ДИТ)

При среднегодовой температуре воздуха в $10,8^{\circ}\text{C}$ получаем среднегодовую температуру сточных вод в $12,5^{\circ}$, а ила в Эмшер-бассейне в $12,25^{\circ}$.

На установке в Эссен-Релинггаузен по данным Имгофа, Фриса (Fries) и Сирпа соотношение между годовой температурой воздуха и сточных вод определяется из рисунка 106¹.

При среднегодовой температуре воздуха в 10°C температура сточной воды определяется в 15°C .

Как в одной, так и в другой установке температура сточной воды выше среднегодовой температуры воздуха.

Можно принять с определенной вероятностью и для условий СССР, что среднегодовая температура сточных вод, а следовательно и температура ила в загнивателе Эмшер-бассейна, будут, по крайней мере, на $1,5 - 2^{\circ}$ выше среднегодовой температуры воздуха.

По данным Харьковской канализации среднегодовая температура сточных вод $13,5 - 14,0^{\circ}\text{C}$ при среднегодовой температуре воздуха в $6,7^{\circ}\text{C}$. По Одессе соответствующие цифры будут $14,6^{\circ}\text{C}$ и $11,1^{\circ}\text{C}$. Наличие значительного количества промышленных стоков может еще резче повысить среднегодовую температуру сточных вод.

Вопрос об искусственном подогреве загнивательной части практически не ставится, но при устройстве Эмшер-бассейнов в районах с грунтовыми водами со сравнительно низкой температурой необходимо принятие мер для изоляции загнивательной части Эмшер-бассейна от охлаждающего действия грунтовой воды.

§ 29

НАЗНАЧЕНИЕ И КОНСТРУКЦИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ ЭМШЕР-БАССЕЙНОВ

Всплывающие при нормальном брожении частицы распадающегося ила образуют корку на поверхности воды загнивательной части Эмшер-бассейна.

После отдачи газов частицы падают на дно, перемешиваясь при этом с новым илом, поступающим в загнивательную часть.

Толщина корки, в зависимости от характера ила и процесса его распада, может быть довольно большой. Не следует допускать ее чрезмерного роста, так как корка эта мешает свободному выделению газа, чем нарушается нормальный процесс брожения.

По нормам американской практики между плавающей коркой и осадками в загнивательной части Эмшер-бассейна должен быть нейтральный слой, толщиной около 1,0 м, из коих 0,50 м выше щели осадочного лотка, а 0,50 м ниже его.

Если плавающая корка достигнет значительных размеров, то часть ее в случае необходимости может быть выпущена через специально устраиваемые боковые отверстия, закрываемые обычно задвижкой.

На некоторых установках в периоды нарушения нормального метанового брожения вверх всплывает ил, в силу чего верхний объем загнивательной части иногда называют „отделением пены“.

В результате вспенивания нарушается правильная деятельность Эмшер-бассейнов, иногда на продолжительное время. В целях недопущения этих осложнений, необходимо перемешивать ил для облегчения отделения скопляющегося в иле газа, делающего ил легким и способным к всплыванию.

Перемешивание достигается путем подачи в нижнюю загнивательную часть воды под напором, либо установкой специальных мешалок.

¹ Imhoff K., Fortschritte der Abwasserreinigung, 1925.

Кроме того, желательно, чтобы свободная поверхность для всплывающего ила была бы не менее 20% от всей поверхности Эмшер-бассейна.

Во избежание возможного вспенивания целесообразно к поступающей в Эмшер-бассейн сточной воде прибавлять раствор извести для поддержания постоянно в среде щелочной реакции, благоприятствующей жизнедеятельности бактерий, ведущих нормальное брожение.

Выпадающий на дно загнивательной части перегнивший ил извлекается оттуда при помощи специально установленных труб, заканчивающихся в особом лотке для отвода ила, причем выходной конец трубы расположен ниже уровня воды в Эмшер-бассейне. Разность уровней в пределах от одного до полутора метров создает условия, гарантирующие отжим обычного ила. По нормам НККХ РСФСР требуется, чтобы свободный напор был бы не менее 1,5 м.

В конце трубы для отжима ила устанавливается задвижка типа Лудло. Трубы чугунные, диаметром в 200 мм.

На нижеприведенном рисунке 107 указаны два типа расположения труб в Эмшер-бассейне.

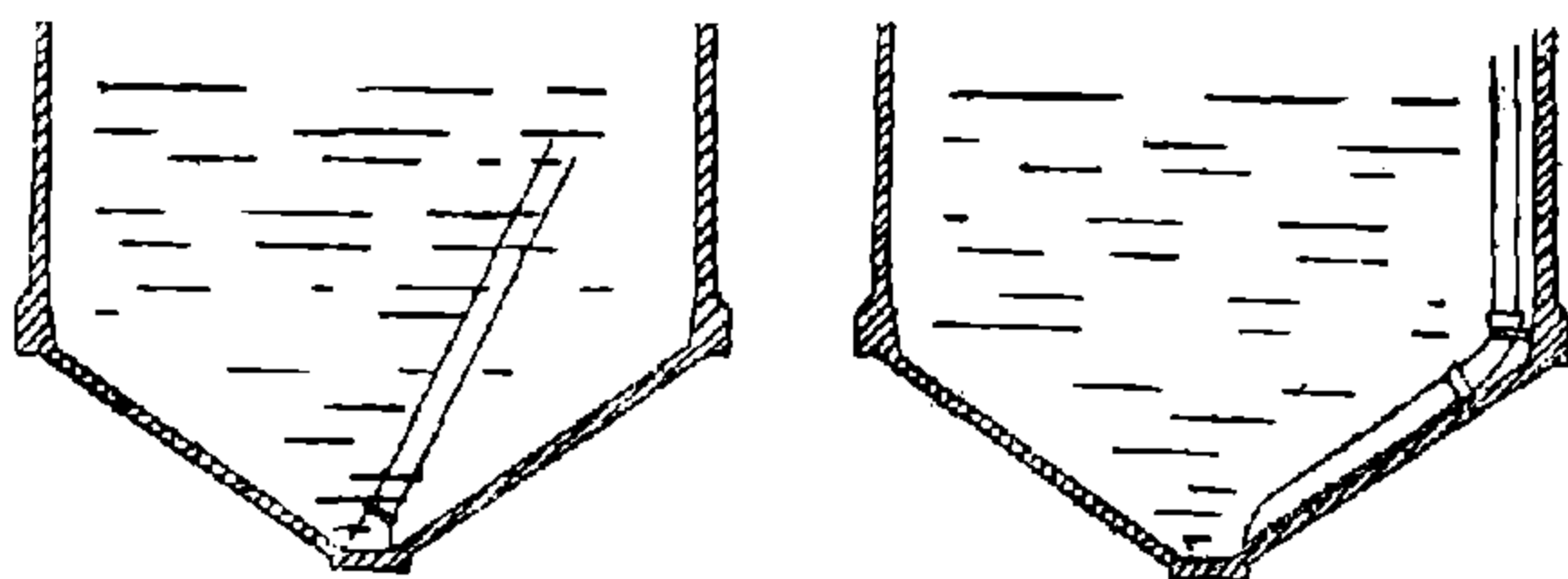


Рис. 107. Схема расположения труб для отжима ила.

Второй тип, со скошенным нижним концом и с прокладкой трубы у стенок Эмшер-бассейна, значительно удобнее в эксплуатации, так как возможная закупорка входного отверстия при этом типе расположения трубы менее вероятна, чем в первом типе, когда тру-

ба расположена по оси Эмшер-бассейна и в нижней части опирается на особую подставку.

Труба, помимо конца с задвижкой для выпуска ила, имеет еще один конец выше поверхности воды, используемый для обратной подачи воды в загнивательную часть с целью перемешивания ила и ликвидации возможной закупорки у входной части трубы.

Нижней части Эмшер-бассейна придают уклон для лучшего сползания ила к трубе для отжима ила. Обычно этот уклон принимают равным 1/2.

Получающийся в загнивательной части Эмшер-бассейна газ благодаря биологическому распаду органических веществ при нормальном метановом брожении может быть использован для любого назначения.

Газ этот состоит в среднем из:

	%
Метана .	80—85
Углекислоты .	7—20
Азота .	0—8
Водорода	ничтожных долей

Теплотворная способность его 7000—8000 больших калорий и она выше теплотворной способности городского светильного газа (5000 б. к.).

Водорода в нормально работающих Эмшер-бассейнах, как правило, нет, появляется он лишь в периоде созревания или эксплуатационных затруднений.

Среднее количество газа в Эмшер-бассейнах по Имгофу равно 8 л на человека в сутки или 3 м³ в год, причем количество это не остается постоянным в течение года, а меняется в зависимости от климатических условий.

По данным д-ра Камманна (Кампапп) в течение года в Ворчестере

были получены следующие цифры газоотдачи в процентах к общегодовому количеству.

Январь	2,46	Май	8,19	Сентябрь	13,94
Февраль	5,09	Июнь	12,14	Октябрь	10,15
Март	3,94	Июль	11,45	Ноябрь	9,44
Апрель	4,18	Август	13,65	Декабрь	5,34

В январе газоотдача примерно в 5—6 раз меньше, нежели в августе и сентябре.

Зависимость количества получающегося газа на человека в сутки, в среднем за год, от температуры, времени перегнивания и степени обезвоживания ясна из графиков Прусса (Pruss) (см. рис. 115).

Приспособления для собирания получающегося в Эмшер-бассейнах газа сравнительно просты.

Вся верхняя поверхность загнивательной части перекрывается сплошным водо- и газонепроницаемым перекрытием, примерно на 0,50 м ниже уровня воды в Эмшер-бассейне. В этом перекрытии оставляют ряд небольших прямоугольных ($0,50 \times 0,60$ до $0,8 \times 1,0 \text{ м}^2$) отверстий, над которыми и располагают металлический газовый колокол.

Для предохранения отверстий для газовых колоколов от попадания в них плавающей корки устанавливается в этих отверстиях деревянная рама с такой же решеткой (см. рис. 108).

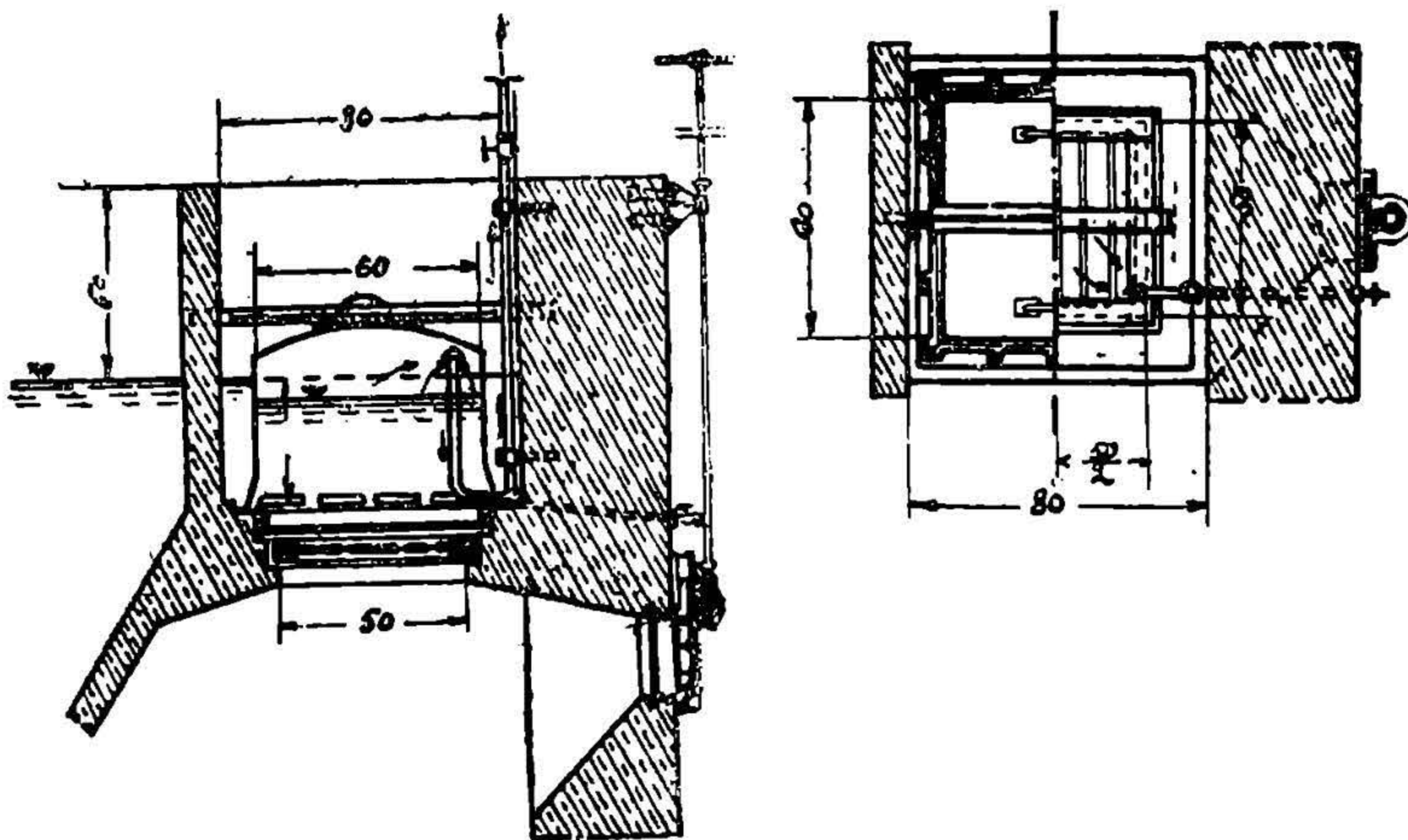


Рис. 108. Газоуловитель.

Газовый колокол, обычно, опускается на 0,30 м ниже поверхности воды. В нижней части колокола имеются отверстия, сквозь которые вода из загнивательной части может попадать в пространство над перекрытием загнивательной части и служить гидравлическим затвором для газа.

Изнутри газового колокола идет перекрываемая краном газовая трубка к общему газопроводу, направляющему газ к газгольдеру.

Для преодоления сопротивления по длине трубы на пути к газгольдеру необходим некоторый напор, который создается за счет уровня воды вокруг газового колпака. Максимальный возможный напор определяется, таким образом, в 30 см, что, конечно, вполне достаточно.

Плавающую корку в случае надобности можно периодически удалять открытием расположенного сбоку шибера.

Материалом для Эмшер-бассейнов в основном является бетон и железобетон. Для днища могут быть использованы кирпич и местный камень.

С целью предохранения Эмшер-бассейна от разрушения газами, развивающимися в загнивательной камере, следует стены, лотки и пр. тщательно покрывать цементной штукатуркой.

РАСЧЕТ ЭМШЕР - БАССЕЙНОВ

Наиболее простым методом расчета загнивательной части Эмшер - бассейна является об'емный метод, введенный Имгофом.

Имгоф считает рабочей частью загнивателя об'ем его ниже щели, через которую попадает ил из осадочной части в загнивательную. Для средних по составу сточных вод Имгоф исходит из следующих цифр, отнесенных на одного жителя, пользующегося канализацией:

При раздельной системе канализации 20 л на человека, при общесплавной системе канализации 30 л на человека, в городах с большим количеством производственных сточных вод, содержащих значительное количество взвешенных веществ, 50 л на человека.

При малых установках (ниже 5000 жителей) Имгоф рекомендует эти цифры удваивать, при домовых осветлителях увеличивать даже вчетверо¹.

От этих цифр могут быть отступления в ту и другую сторону.

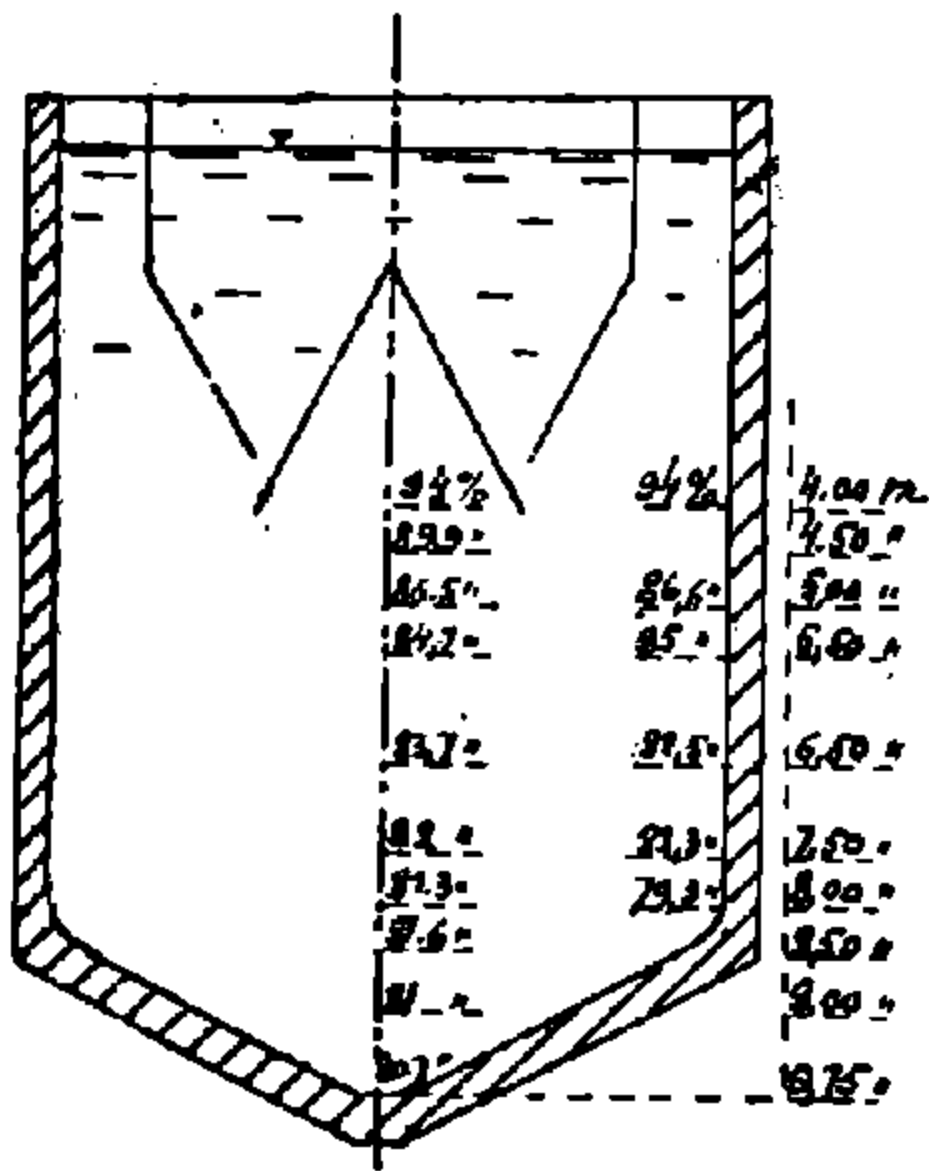
Особое значение имеет температура сточной воды, причем приведенные цифры соответствуют среднегодовой температуре сточных вод 12° С.

Там, где по климатическим условиям среднегодовая температура сточных вод выше 12°, емкость загнивательной части может быть меньше.

Повышение температуры сточных вод может вызываться также прибавлением к стоку значительного количества промышленных сточных вод с высокой температурой.

Инж. Блунк (Blunk) на основании работы Эмшер - бассейнов, сооруженных в бассейне реки Эмшер, предлагает более уточненный расчет, основанный на учете влияния количества взвешенных веществ в стоке, на влажности осаждающегося свежего ила, на степени обезвоживания ила в загнивательной части Эмшер - бассейна и, главное, на учете температуры сточной воды.²

Прежде чем перейти к изложению метода Блунка, нам хотелось бы остановиться на вопросе об уплотнении ила в Эмшер - бассейне, в его загнивательной части.



Зависимость времени перегнивания ила от температуры в загнивательной части Эмшер-бассейна показана на рисунке 110.

На этом чертеже нанесены две кривые: верхняя, пунктирная кривая показывает время полного перегнивания ила, нижняя сплошная линия показывает время технического перегнивания, когда ил хотя и не перегнил на все 100%, но уже не издает неприятного запаха, легко сохнет, хотя газоотдача закончена только на 75%.

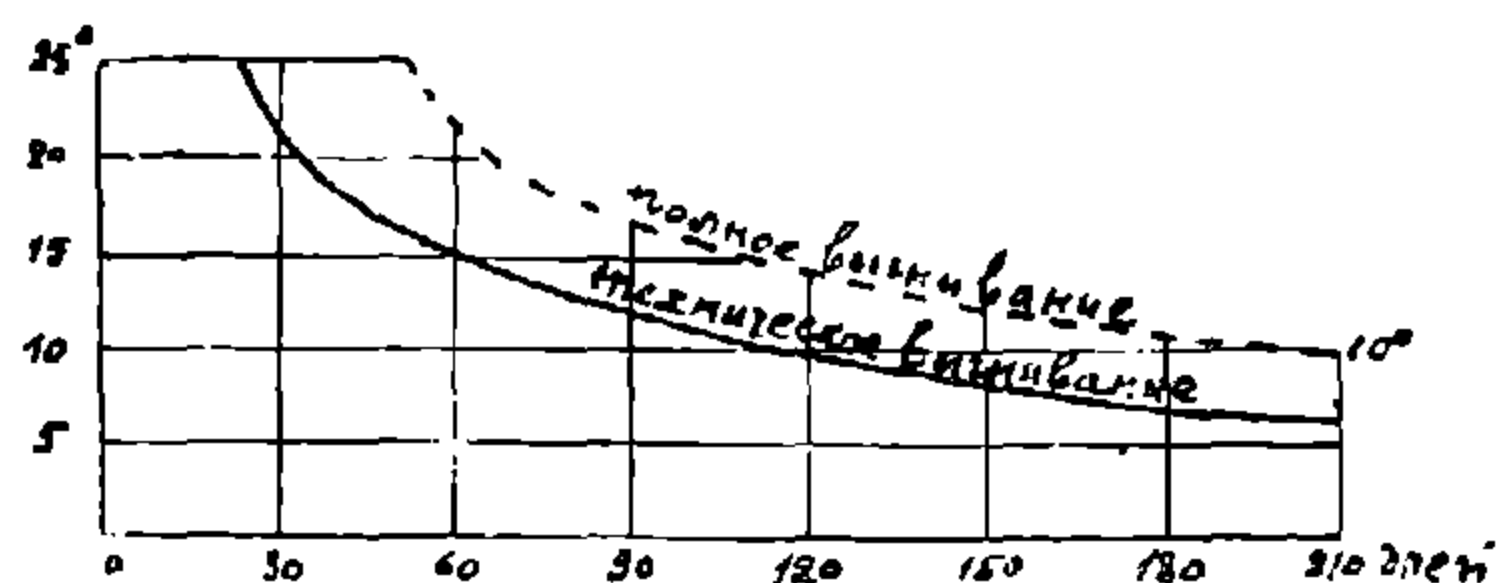


Рис. 110. Диаграмма зависимости времени перегнивания ила от температуры.

Блунк в своих расчетах исходит либо из количества и состава сточных вод, либо из количества жителей, пользующихся канализацией, и в зависимости от принятого в основание метода расчета предлагает для каждого случая следующие расчетные диаграммы.

Начнем с первого случая — состав сточных вод в отношении количества взвешенных веществ проектирующему известен.

Первая диаграмма определяет время обезвоживания ила.

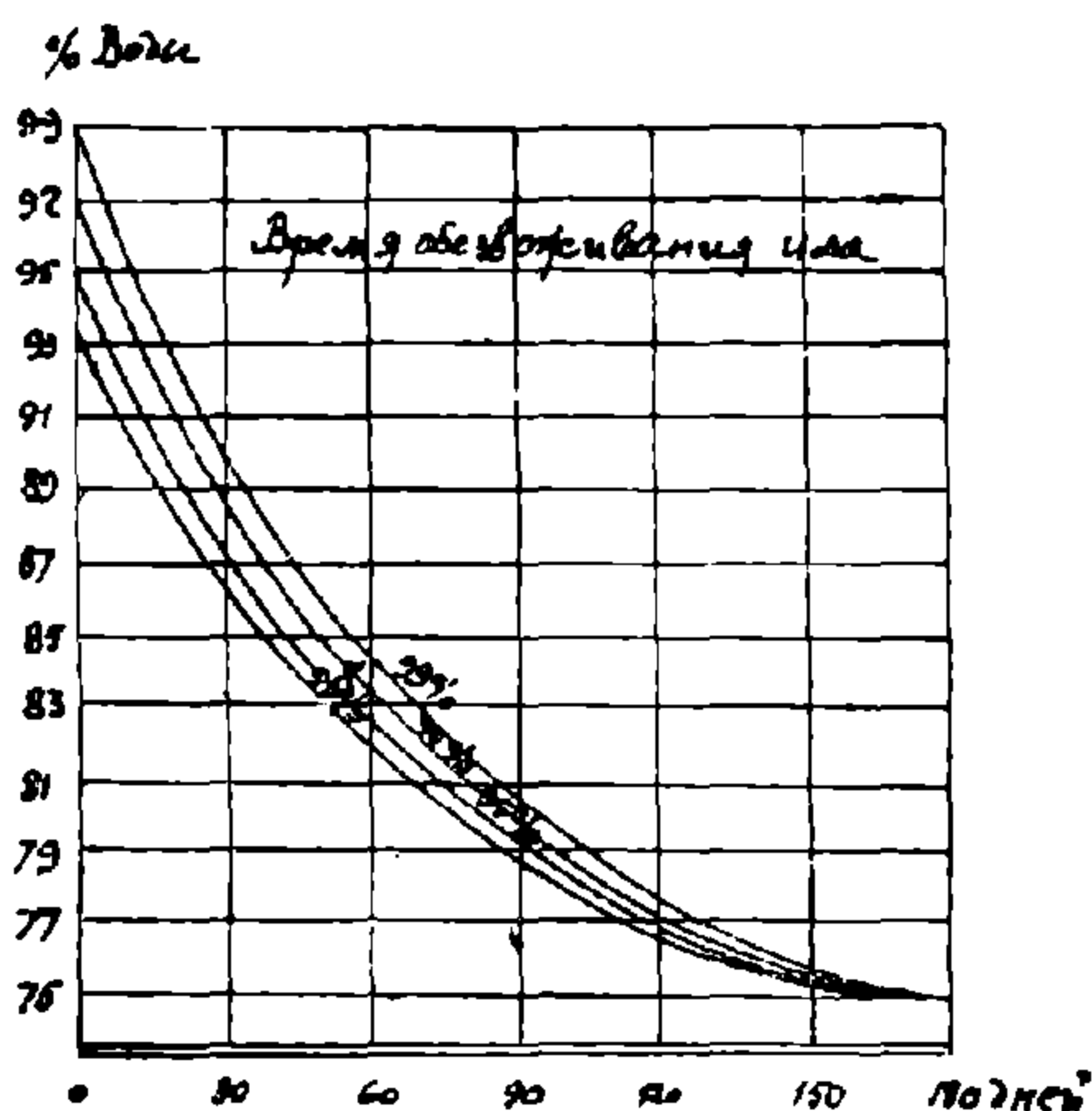


Рис. 111. Диаграмма времени обезвоживания ила.

На рисунке 111 дан ряд кривых $t=f(s)$, где t — время обезвоживания ила в днях, а s — содержание воды в иле в %, причем отдельные кривые дают время обезвоживания ила от различных начальных содержаний влаги в свежем иле.

Приведенные кривые составлены на основании опытных данных для температуры в 15°C .

Повышение температуры способствует ускорению перегнивания ила, а следовательно и ускорению обезвоживания, понижение температуры, наоборот, замедляет процесс обезвоживания.

Зависимость времени обезвоживания от температуры выражена кривой поправочных коэффициентов (рис. 112), причем при $t=15^{\circ}\text{C}$ коэффициент равен 1, при $t > 15^{\circ}\text{C}$ коэффициент $< 1,0$ и, на-

оборот, при $t < 15^{\circ}$, коэффициент $> 1,0$.

На основании кривой $t=f(s)$ (рисунок 111) и коэффициента K определяем общий отрезок времени, необходимый для обезвоживания ила с определенным начальным содержанием влаги в иле до заданного конечного содержания влаги в иле при определенной температуре в загнивательной части Эмшер-бассейна.

Получаем время T — время обезвоживания, оно должно быть больше времени t — времени загнивания при заданной температуре, определяемого по рисунку 110.

Если окажется, что $t > T$, т. е. что время обезвоживания не гарантирует соответствующего перегнивания, то необходимо расчет загнивательной части вести по времени перегнивания t , соответственно пересчитав конечное содержание влаги в иле (уменьшив его).

Очевидно, объем загнивательной части должен быть рассчитан на сохране-

ние всего количества ила в нем, пока он не будет соответственно обезвожен и не перегниет. Количество ежедневно выпадающего в Эмшер-бассейне ила может быть определено по следующему расчету.

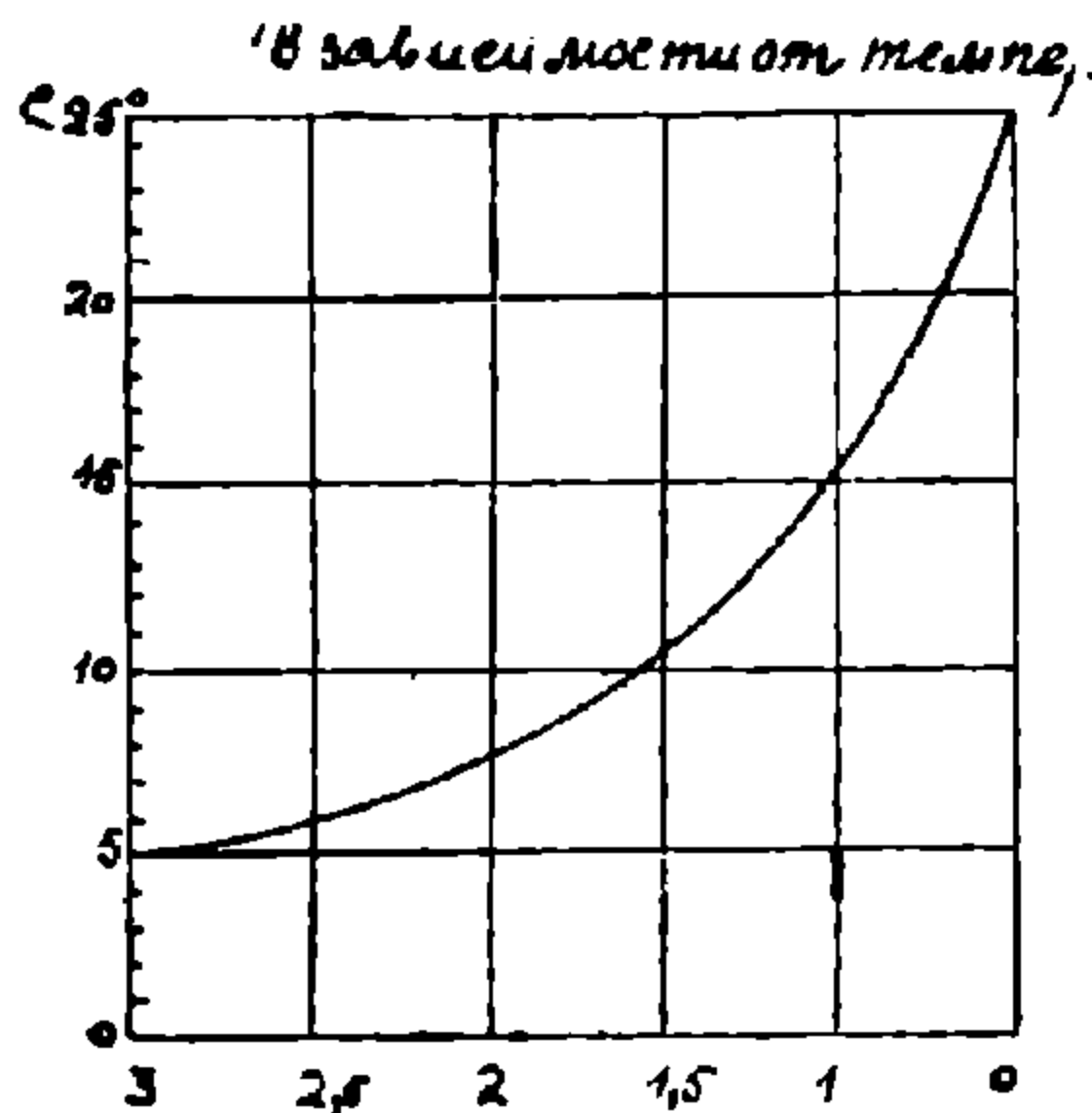


Рис. 112. Диаграмма поправочных коэффициентов к времени обезвоживания ила в зависимости от температуры.

Суточное количество сточных вод, проходящих через данный Эмшер-бассейн, равно Q м³/сутки, количество взвешенных веществ n в м³, p — процент осаждения в осадочной части Эмшер-бассейна.

Тогда количество сухого вещества f , оседающего в Эмшер-бассейне, определится по формуле

$$f = \frac{Q \times n \times p}{1000 \times 1000 \times 100} \text{ тонн.}$$

Учитывая, что в Эмшер-бассейне будет осажаться ил с влажностью в $m\%$, количество свежего ила с водой, оседающего ежедневно в Эмшер-бассейне, при удельном весе его около единицы, будет равно

$$F = \frac{f \times 100}{100 - m} =$$

$$\frac{Q \times m \times p \times 100}{1000 \times 1000 \times 100 \times (100 - m)} = \frac{Q \times m \times p}{1000000(100 - m)} \text{ м}^3/\text{сутки}$$

В течение T суток обезвоживания свежий ил будет в камере загнивания обезвоживаться и уплотняться, следовательно, потребный объем не будет равен

$$W = T \cdot F,$$

а будет

$$W \propto T \cdot F = CF,$$

где C — объемный коэффициент.

Для определения величины C — объемного

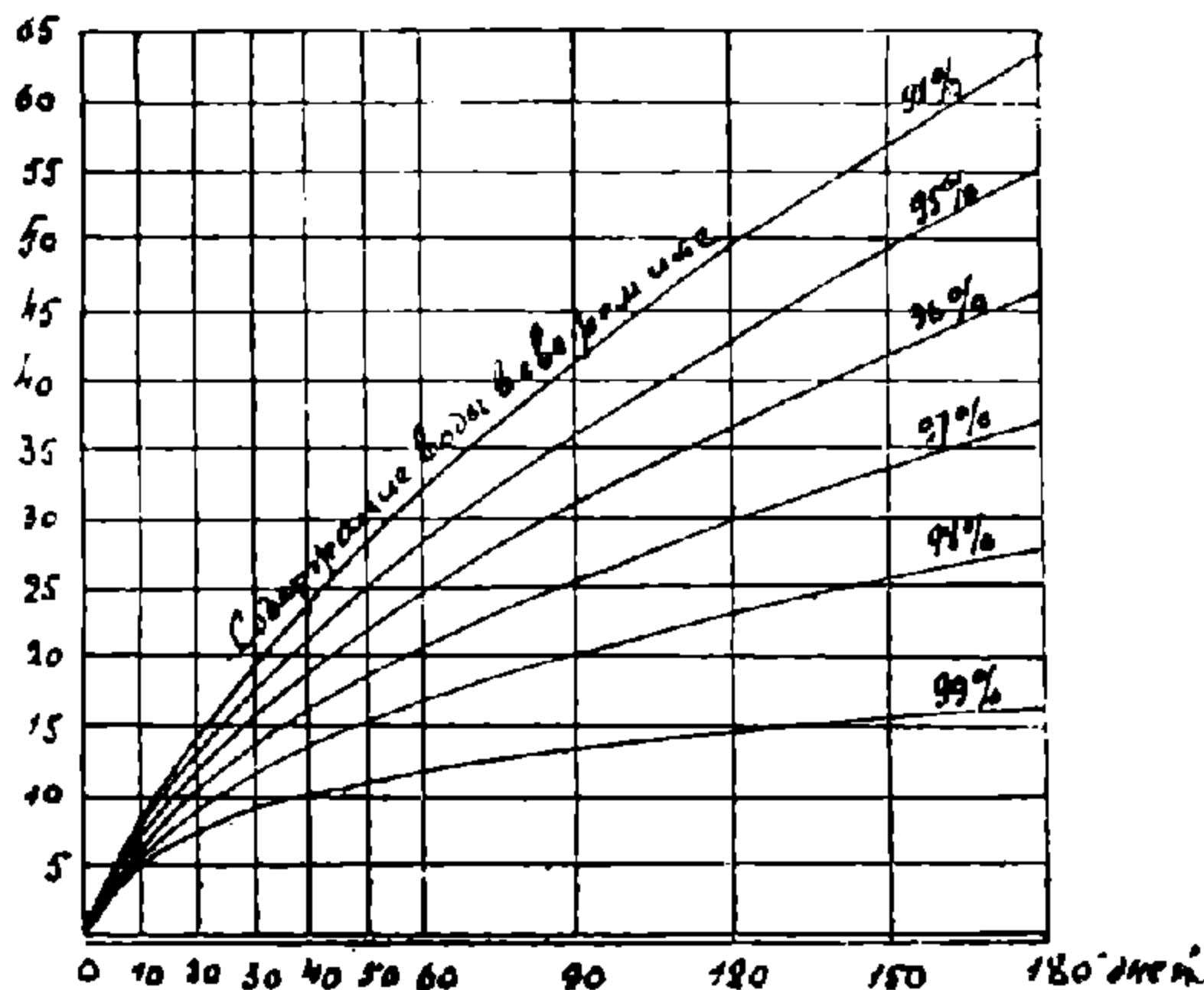


Рис. 113. Диаграмма объемного коэффициента.

коэффициента — Блунк дает третий график — рисунок 113. Величина объемного коэффициента зависит от времени обезвоживания и количества влаги в свежем иле и легко может быть определена из рисунка 106.

Чем больше влаги в свежем иле, поступающем в загнивательную часть Эмшер-бассейна, тем скорее происходит обезвоживание, тем меньший объемный коэффициент.

Итак, зная объемный коэффициент C и количество суточного свежего ила, объем загнивательной части определяем их произведением.

В тех случаях, когда неизвестен суточный расход сточной воды, а известно лишь количество жителей, пользующихся очистными сооружениями, то пользуются диаграммой Блунка, определяющей объем-

ный коэффициент на жителя (рисунок 114). Объем загнивательной части Эмшер-бассейна равен количеству жителей (N), умноженному на объемный коэффициент C_1)

$$V = C_1 N$$

Величина объемного коэффициента на жителя (C_1) зависит от времени обезвоживания (а следовательно, и температуры) и начального содержания влаги в свежем иле.

По исследованиям Прюсса время, определяемое по Блунку для загнивания ила, несколько преуменьшено.¹

Прюсс считает необходимым его удлинить и предлагает несколько иные чем Блунк, графики для расчета загнивательной части Эмшер-бассейнов, причем в своей работе, как и Блунк, Прюсс основывается на опыте Эмшер-бассейнов в Германии, в долине реки Эмшер.

Прюсс считает, что обезвоживание ила может идти до 75% содержания воды в перегнившем иле, но что это требует не 6-ти месячного срока, а восьми месяцев.

Прюсс составил две серии диаграмм: одну для ила без искусственного перемешивания, с температурой в пределах от 6 до 25°C, другую — для тех же температурных условий, но с искусственным перемешиванием ила, что в загнивательных частях Эмшер-бассейнов, правда, почти никогда и не применяется, а используется в метан-танках, речь о которых дальше.

Каждая из серий диаграмм (рисунок 115) дает а) время, потребное для обезвоживания ила при начальном содержании воды в свежем иле в 95%, б) объемный коэффициент на жителя для загнивателя и в) количество выделяющегося газа на жителя в литрах в сутки.

В остальном расчет не отличается от вышеприведенного метода Блунка. Следует лишь остановиться на следующем замечании: Прюсс дает свои диаграммы для первоначального содержания воды в иле в 95%. В случае меньшего содержания воды в поступающем в загнивательную часть иле, определяют время, потребное для соответствующего уменьшения влажности в иле в загнивателе с 95% до заданной величины и соответствующий этому времени объем вычитывают из общего объема загнивательной части.

Пример: Определить время обезвоживания по Прюссу при $t = 12^\circ$ при условии первоначального содержания воды в иле в 92%, а конечного — в 82%. По графику Прюсса (рисунок 108) время обезвоживания до 82% содержания воды в иле при $t = 12^\circ$ определяется в 76 дней.

Так как первоначальное содержание воды в иле по Прюссу 95%, а по нашим условиям только 92%, полученную цифру в 76 дней следует уменьшить на величину времени, потребного для обезвоживания ила с 95% до 92%.

По тому же графику время это равно 12 дням. Таким образом, интере-

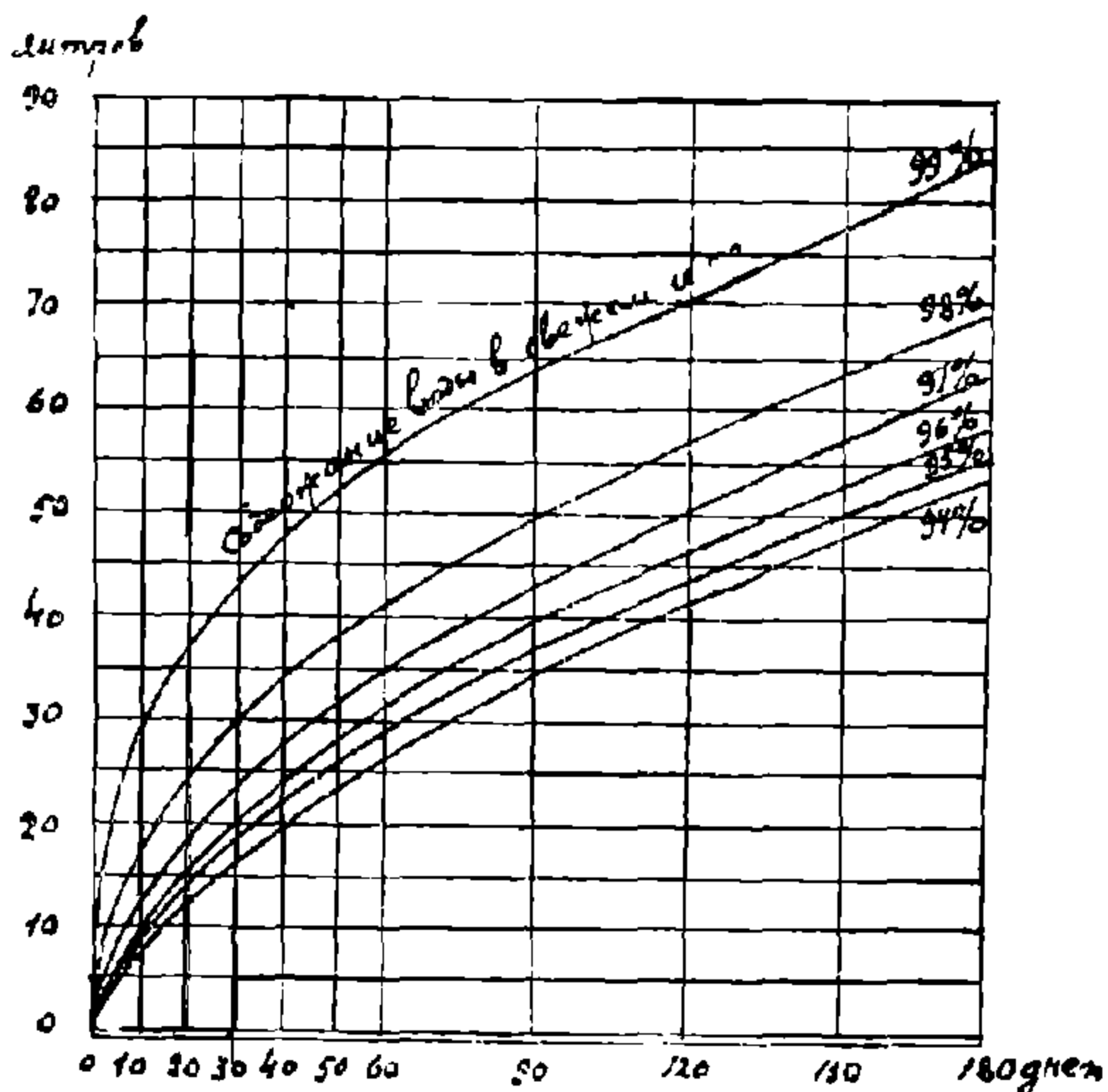


Рис. 114. Диаграмма объема загнивательной части, приходящейся на одного жителя.

¹ Prüss, Fortschritte in der Ausfäulung von Abwasserschläm, 1928.

сующее нас время обезвоживания равно $76 - 12 = 64$ дня. Проф. С. Н. Строганов предлагает иной прием для расчета загнивательных частей Эмшер-бассейнов.¹

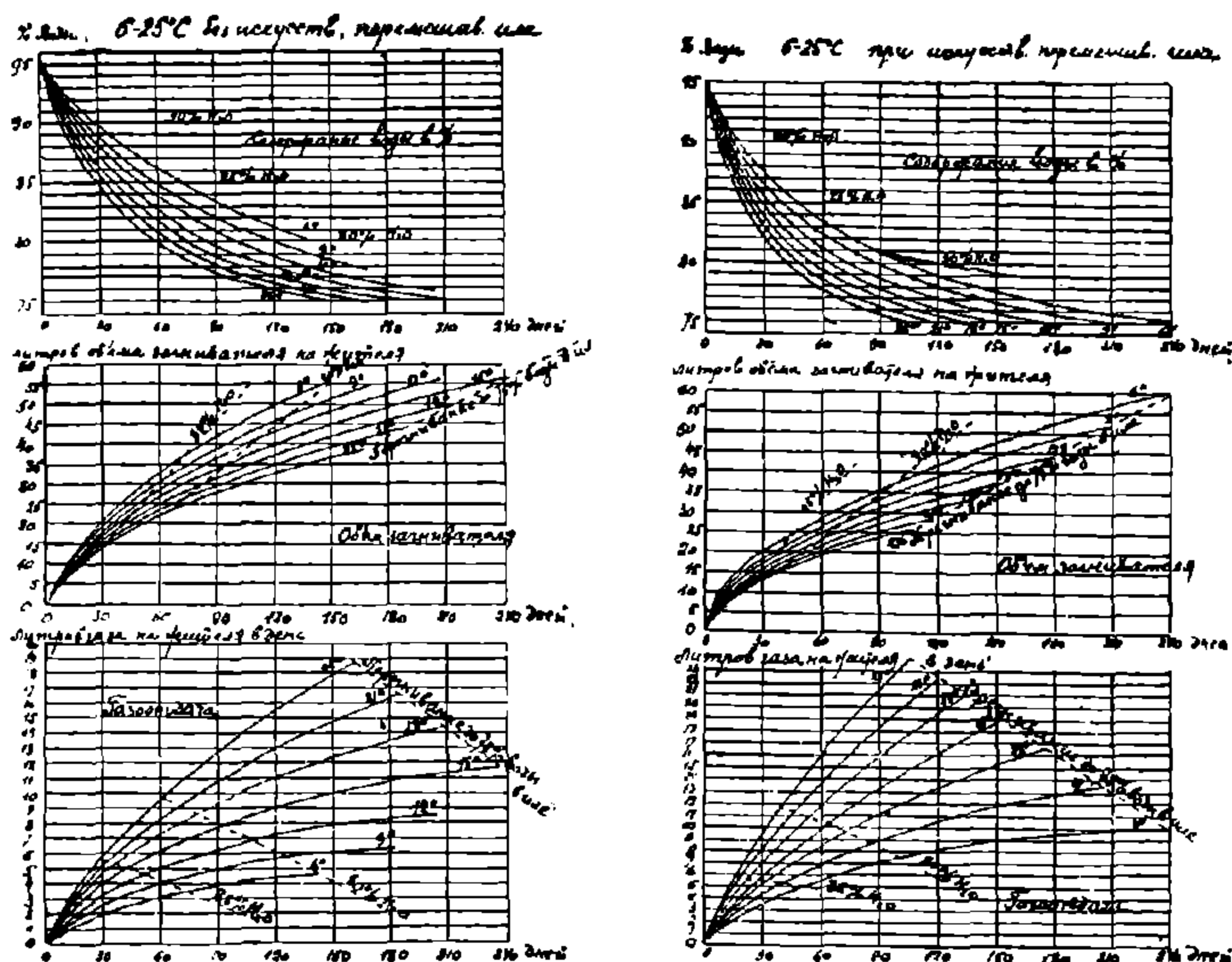


Рис. 115. Диаграммы Прюсса.

Строганов указывает, что в основе всех существующих приемов определения кубатуры иловых камер (загнивательных частей) лежит сильнейшее влияние температуры на скорость процессов.

Для Эмшеров этим сроком определяется время хранения осадка. Для 10° иловая камера рассчитывается на 120 дней хранения осадка, для 15° — 60 дней и т. д. За это время осадок в Эмшере уплотняется в самом низу до содержания $88-85\%$ воды, т. е. в три раза по сравнению с поверхностным слоем (95% воды).

В среднем для всей массы осадка в Эмшере можно принять 90% воды, т. е. считать уплотнение в два раза, по сравнению с поступившим свежим осадком (95%). Кроме того, осадок распадается — по заданию, не меньше, чем на 50% . Так как объем осадка на 1 жителя в хозяйственно-фекальной жидкости — величина практически постоянная (в среднем $0,7$ л при 95% воды), то иловую камеру с достаточной точностью можно определить по нижеследующей таблице, где дается кубатура на 1 жителя и процент суточной загрузки, что по существу процесса наиболее характерно.

Уплотнение ила принято на 50% (с 95% воды до 90%); распад вследствие гниения 50% от уплотненного ила, т. е., исходя из $0,7$ л на 1 жителя — получаем остаток $w = 0,7 \times 5 \times 0,5 = 0,175$ л. Объем камеры для одного жителя получаем умножением срока брожения на $0,175$. Однако, пассивность нижних частей осадка и несовершенство перемешивания заставляют вводить поправочный коэффициент 3. Таким образом, по Строганову объем на одного жителя $w = 0,175 \times 3 \times t = 0,525 t$, где t — срок брожения (перегнивания).

Для Эмшеров расчет ведется по средней зимней температуре сточной жидкости (таблица 18).

¹ Строганов С. Н., Методы биологической очистки, 1933.

Т а б л и ц а 18

Расчетные данные для Эмшерских бассейнов.

Температура сточной воды в °С	Сроки брожения в сутках	Объем на 1 жителя в л.	% суточной загрузки к объему илов. камеры
6,0	210	110	0,64
7,5	180	95	0,74
8,5	150	79	0,88
10,0	120	63	1,10
12,0	90	47	1,49
15,0	60	31	2,22
20,0	30	16	4,45
25,0	21	11	6,10

В 1932 г. Союзводстроем были установлены следующие нормы загнивательной части Эмшер-бассейнов для условий СССР (Комиссией под председательством проф. П. С. Белова).

Т а б л и ц а 19

Для малых установок (население до 2000 чел.)

Средне-годовая темпер. сточной воды	Объем на 1 жителя в л.
9 — 10°C	75
11 — 12°	60
14 — 15°	45

Т а б л и ц а 20

Для средних и больших установок (население более 2000 чел.)

Средне-годовая темпер. сточной воды	Объем на 1 жителя в л.	Средне-годовая темпер. сточной воды	Объем на 1 жителя в л.
9 — 10°C	75	9 — 10°C	60
11 — 12°	60	11 — 12°	45
14 — 15°	45	14 — 15°	30

Естественно возникает вопрос, какой же из методов расчета следует предпочесть, какой из них ближе к действительным условиям загнивания осадка в Эмшер-бассейнах в условиях СССР.

Можно с достаточной определенностью сказать, что цифры, получаемые в результате подсчетов по некоторым из методов подсчета довольно близки друг к другу.

Проверим это на примере.

Пример: Определить объем загнивательной части Эмшер-бассейна, обслуживающего 10 000 человек. Норма водопотребления 150 л на человека, среднегодовая температура сточных вод 13°C.

1. Подсчет по Имгофу:

Норму на одного жителя следует принять в 20 л. Общая кубатура загнивательной части $20 \times 10\,000 = 200\,000 \text{ л} = 200 \text{ м}^3$.

2. Подсчет по Блунку:

Время обезвоживания с 95% воды до 80% (обычная норма для Эмшеров) по рисунку 111 равна 80 дням.

Поправочный коэффициент на температуру в 13° по рисунку 112 равен 1,2.

Следовательно, полное время обезвоживания $80 \times 1,2 = 96$ дням.

По данным С. Н. Строганова содержание взвешенных веществ в сточных водах при водопотреблении в 150 л на человека в сутки равно 333 мг/л.

Процент осаждения примем в 70%.

Содержание влаги в свежем иле 95%.

Тогда суточное количество свежего ила с водой определится по формуле:

$$F = \frac{Q \times n \times p}{1000000(100 - m)} = \frac{1500 \times 333 \times 70}{1000000(100 - 95)} = 7,0 \text{ м}^3/\text{сутки}.$$

Объемный коэффициент C определится по чертежу 113 при температуре

в 13°C , начальному содержанию влаги в 95% и времени обезвоживания в 96 дней:

$$C = 38.$$

Следовательно, объем загнивательной части равен

$$V = C \cdot F = 38 \times 7 = 266 \text{ м}^3.$$

Если же повести расчет на жителя, то объемный коэффициент C_1 на жителя будет равен 38, а общая кубатура загнивательной части будет равна

$$38 \times 10\,000 = 380\,000 \text{ л} = 380 \text{ м}^3.$$

3. Подсчет по Прюссу:

По рисунку 115 определяем ранее время обезвоживания — оно равно 96 дням.

Объемный коэффициент C на жителя равен 38 л.

Следовательно, объем загнивательной части равен

$$V = C_1 N = 38 \times 10\,000 = 380\,000 \text{ л} = 380 \text{ м}^3.$$

4. Подсчет по Строганову:

Объем загнивательной части равен

$$V = 0,525 t N,$$

где t — продолжительность брожения при $13^{\circ}\text{C} = 80$ дням, а N — количество жителей — 10000 человек.

$$V = 0,525 \times 80 \times 10000 = 420000 \text{ л} = 420 \text{ м}^3.$$

5. По нормам Союзводстроя:

— на человека при $13^{\circ}\text{C} = 37,5$ л, а всего объем загнивательной части

$$37,5 \times 10000 = 375000 \text{ л} = 375 \text{ м}^3.$$

Из приведенного примера видно, что цифры, полученные по методам Блунка — на жителя, Прюсса и нормам Союзводстроя совпадают — 380 и 375 м^3 по Строганову цифра несколько преувеличена (420 м^3), что может быть объяснено тем, что в норму Строганова входит приближенный поправочный коэффициент „3“.

По методу Блунка из расчета общего количества сточных вод получается объем всего в 266 м^3 , что объясняется недоучетом действительного количества выпадающих взвешенных веществ из сточных вод и преуменьшенным по Блунку объемным коэффициентом C .

Надо думать, что в ближайшие годы можно будет на опыте выстроенных у нас в Союзе и эксплуатируемых Эмшер-бассейнов дать более проверенные методы расчета.

В 1933 году НККХ РСФСР изданы временные нормы расчета Эмшер-бассейнов (см. приложение I).

§ 31

КОНСТРУКЦИИ ЭМШЕР-БАССЕЙНОВ

Конструкций Эмшер-бассейнов существует чрезвычайно много.

В качестве иллюстрации приведем чертежи Эмшер-бассейнов в Ворчестере (Worcester), рисунок 116, и в Альбани (Albany), рисунок 117.

Приведенный тип Эмшер-бассейна (рисунок 116) находит себе применение во многих городах. Основные размеры Эмшер-бассейна видны из рисунка. По длине загнивательная часть разделяется обычно на 3—4 части тонкими промежуточными стенами. В этих стенах иногда устраивают большие отверстия, расположенные ниже уровня ила, назначение которых способствовать равномерному распределению по длине бассейна оседающего ила.

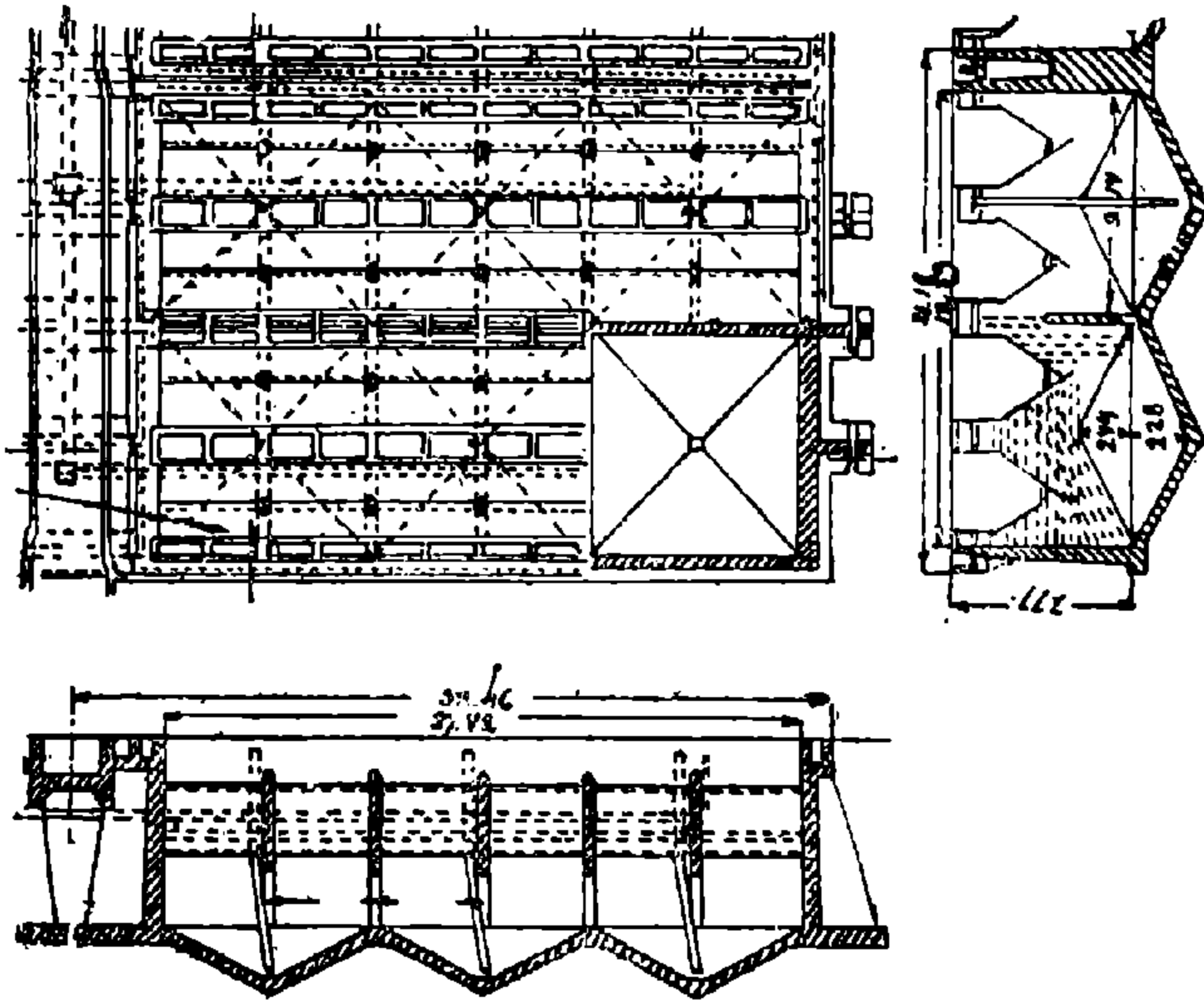


Рис. 116. Эмшер-бассейн гор. Ворчестера.

Промежуточные стены устраиваются в основном из конструктивных соображений, однако, наличие таких глухих стен, разделяющих загнивательную часть на ряд отделений, предохраняет весь Эмшер-бассейн от заражения кислым брожением, если таковое началось в одном из отделений, вследствие неблагоприятных условий для жизнедеятельности бактерий метанового брожения. Особенно это важно при использовании получающегося в процессе перегнивания газа. В силу изложенного устройство отверстий в стенах в этом случае нерационально.

Разделение загнивательной части на большое количество отделений (сверх 4) не вызывается конструктивными соображениями, а в смысле равномерного распределения осадка, даже при наличии в стенах отверстий, является отрицательным, так как в средних отделениях ила бывает значительно меньше.

Имгоф указывает, что подобная ошибка была допущена в установке Шенектади (Shenectady), где было устроено 8 отделений, причем глубина Эмшер-бассейна при этом была чрезвычайно мала.

Общая глубина Эмшер-бассейна в Ворчестере 10,05 м. Глубина Эмшерских бассейнов колеблется в среднем в пределах от 8 до 12 м, уменьшать глубину ниже указанных пределов не рационально, так как большая глубина Эмшер-бассейнов способствует поддержанию более высокой температуры в загнивательной части, уплотняет ил и улучшает этим его качество в смысле более скорой подсушки его на иловых площадках.

Как видно из чертежа, днищу Эмшер-бассейна придают не только поперечный уклон для лучшего сползания ила, но и продольный в пределах каждого отделения, к середине его, где и устанавливаются трубы для отжима ила, отдельно для каждого из отделений.

На рисунке 117 представлен Эмшер-бассейн в гор. Альбани.

Конструкция и основные размеры ясны из рисунка. Эмшер-бассейн расположен выше поверхности земли.

Недостатком Эмшер-бассейна в Альбани является сложность подвода

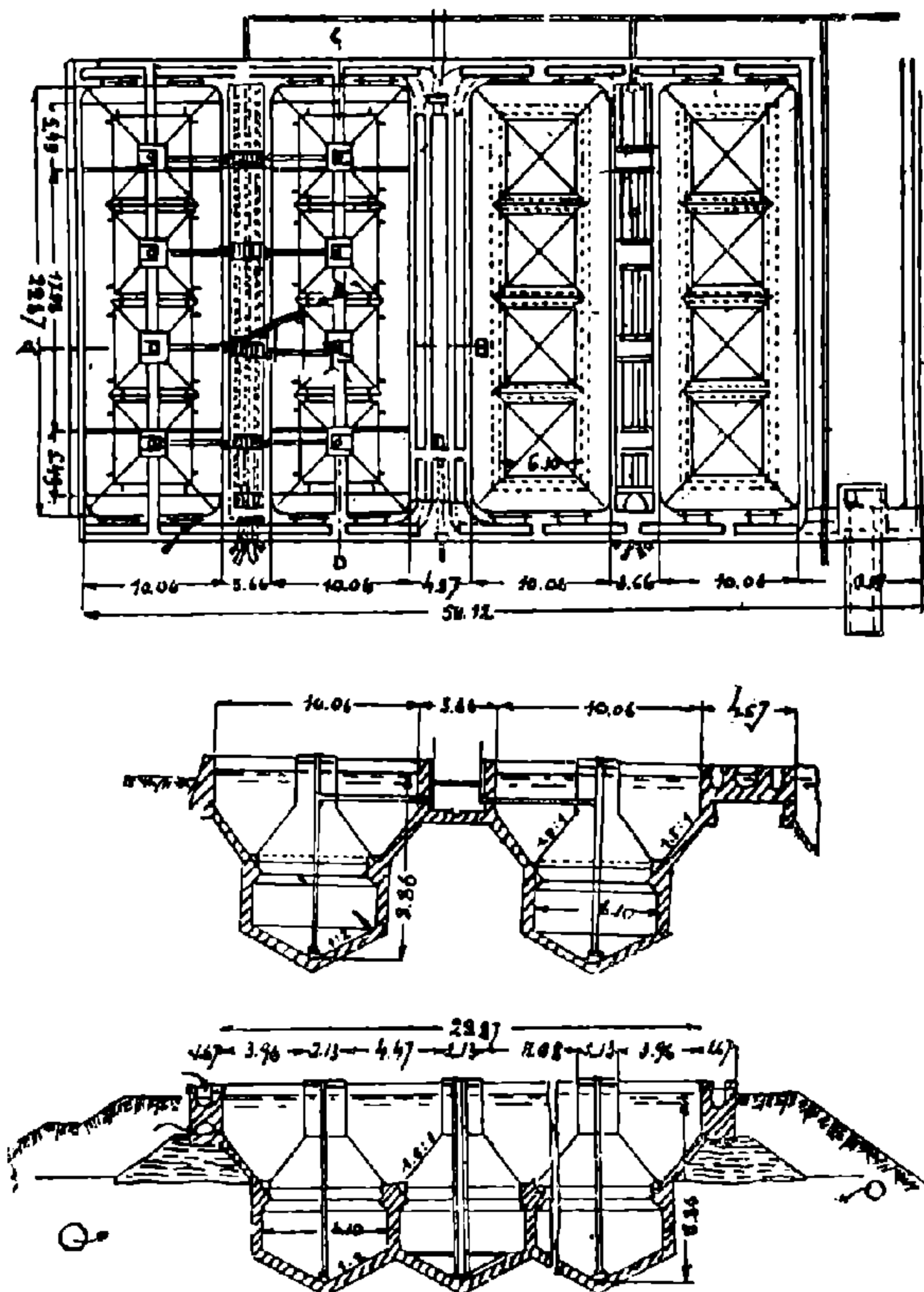


Рис. 117. Эмшер-бассейн гор. Альбани.

и отвода сточной воды и слишком широкая галлерей для отвода перегнившего ила, в остальном эта конструкция вполне удовлетворительна, особенно для получения газа, так как для этого не требуется специального перекрытия загнивательной части, снабженной соответствующими колпаками.

Значительно проще решить задачу подвода и отвода сточной воды к Эмшер-бассейнам (в крупных установках они устраиваются группами в несколько бассейнов) путем устройства окаймляющих по периметру открытых лотков.

С целью более или менее равномерного распределения осаждающихся взвешенных частиц, по длине бассейна, желательно попеременное направление сточной воды в Эмшер-бассейне.

Этому условию соответствуют горизонтальные лотки, снабженные простыми шиберами для регулирования направления движения сточной воды.

На рисунке 118 показана схема таких лотков, запроектированная для временной очистной установки гор. Николаева.

С целью предохранения подводящих сточную воду к Эмшер-бассейнам лотков от заилений, скорость движения воды в них не должна быть менее 0,6 м/сек.

Из лотков вода попадает в Эмшер-бассейн через соединительные каналы, снабженные шиберами.

НБ
УДУНТ
(ДИТ)

Приведенные типы Эмшер-бассейнов имеют загнивательную часть с прямоугольным очертанием. Сравнительно большая глубина Эмшер-бассейнов при скверных грунтах с высоким стоянием уровня грунтовых вод выдвигает вопрос об изменении конструкции подземной части Эмшер-бассейна.

Такой конструкцией может явиться первоначальная конструкция Эмшер-бассейнов, запроектированная Имгофом и представляющая собою два (или несколько) вертикальных колодца с устроенным по верху осадочным желобом. В силу наличия этих колодцев обычно Эмшер-бассейны называют Эмшер-колодцами.

На рисунках 119—121 представлен такого типа Эмшер-бассейн, запроектированный проф. Н. К. Чиловым для гор. Пятигорска.¹

Наличие вертикальных колодцев позволяет осуществить сооружение опускным способом, кроме того, толщина стен оказывается в случае кругового

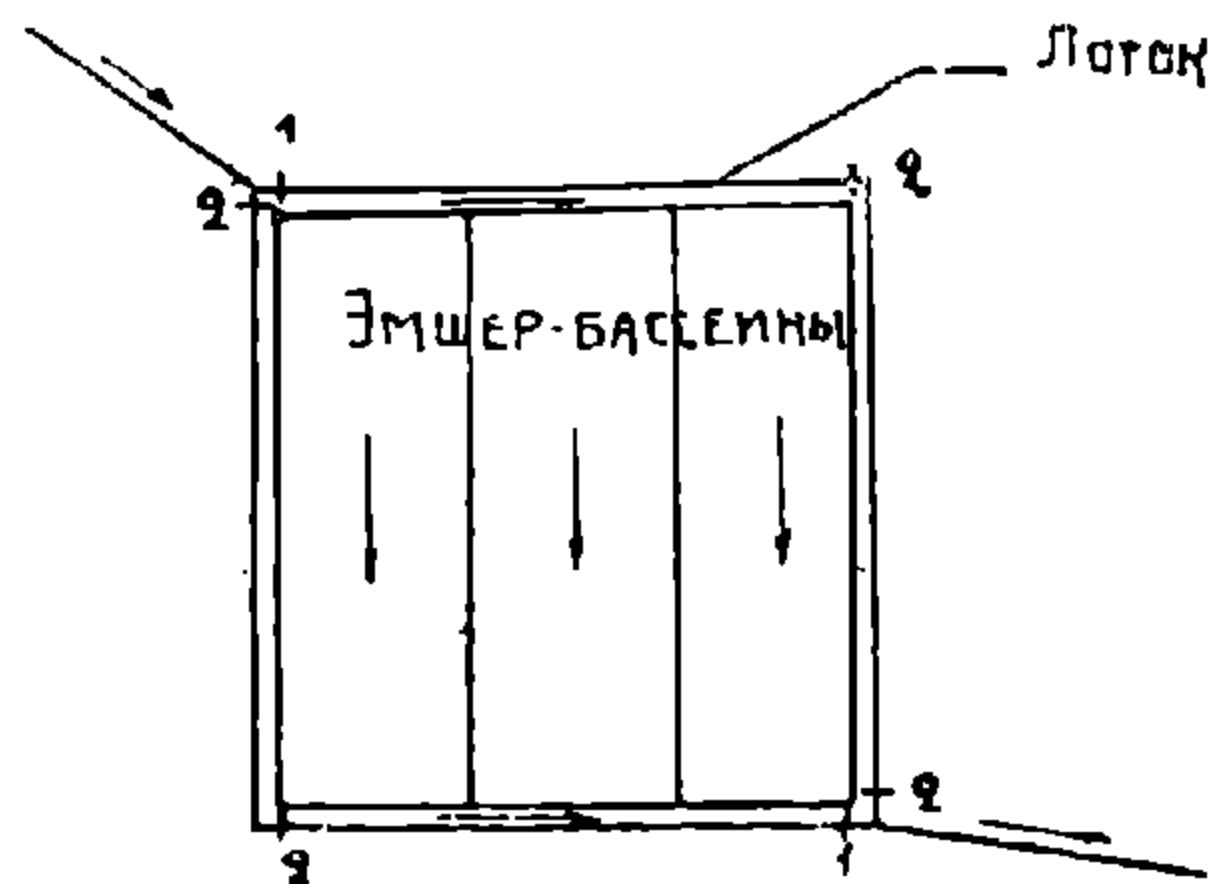


Рис. 118. Схема лотков у Эмшер-бассейнов.

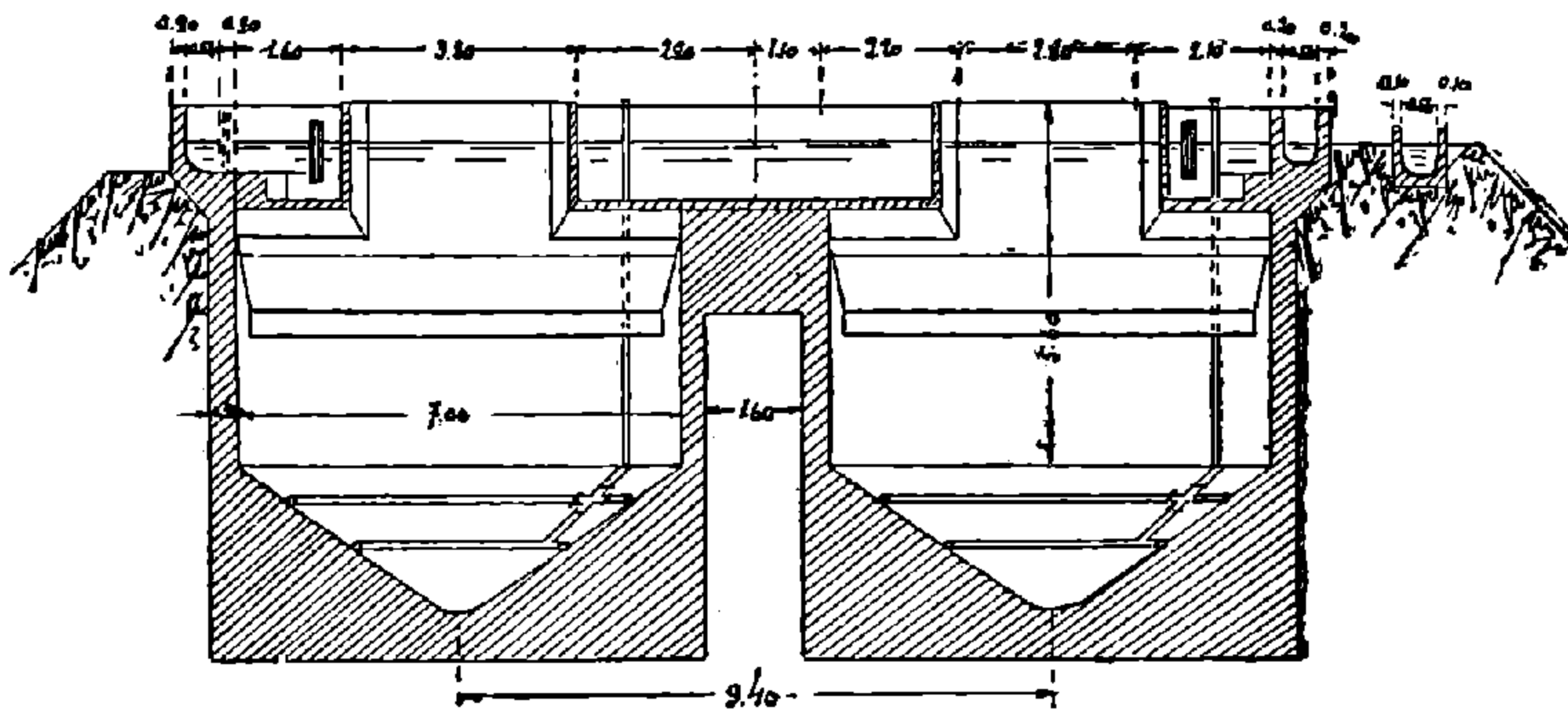


Рис. 119. Эмшер-бассейн гор. Пятигорска. План.

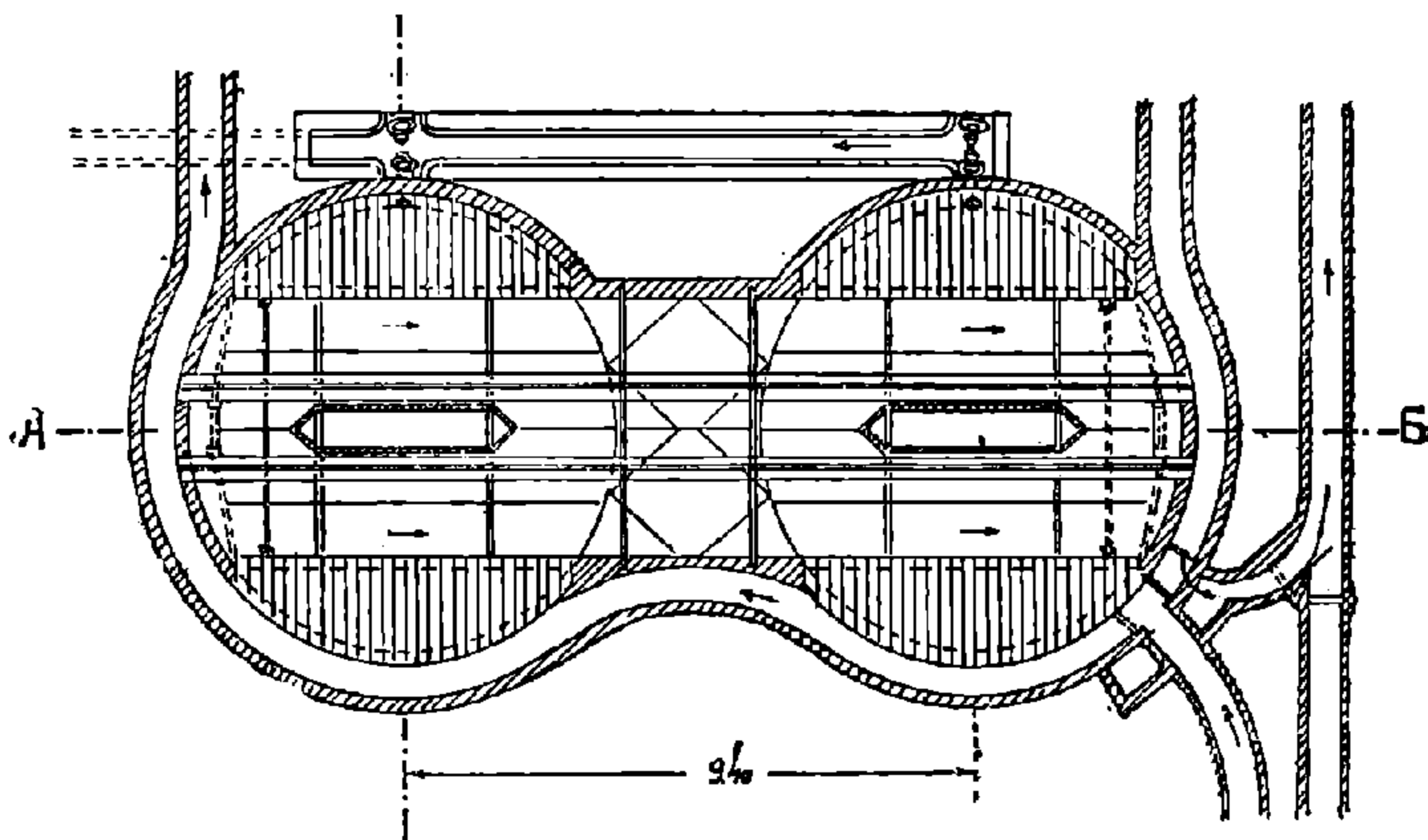


Рис. 120. Эмшер-бассейн гор. Пятигорска. Продольный разрез.

¹ Чилов Н. К., проф., Канализация гор. Пятигорска, 1915.

очертания сооружения в плане значительно меньше, чем при квадратном или прямоугольном.

Приведенная конструкция не меняет условий осаждения сточной воды, так как осадочный лоток остается по существу неизменным.

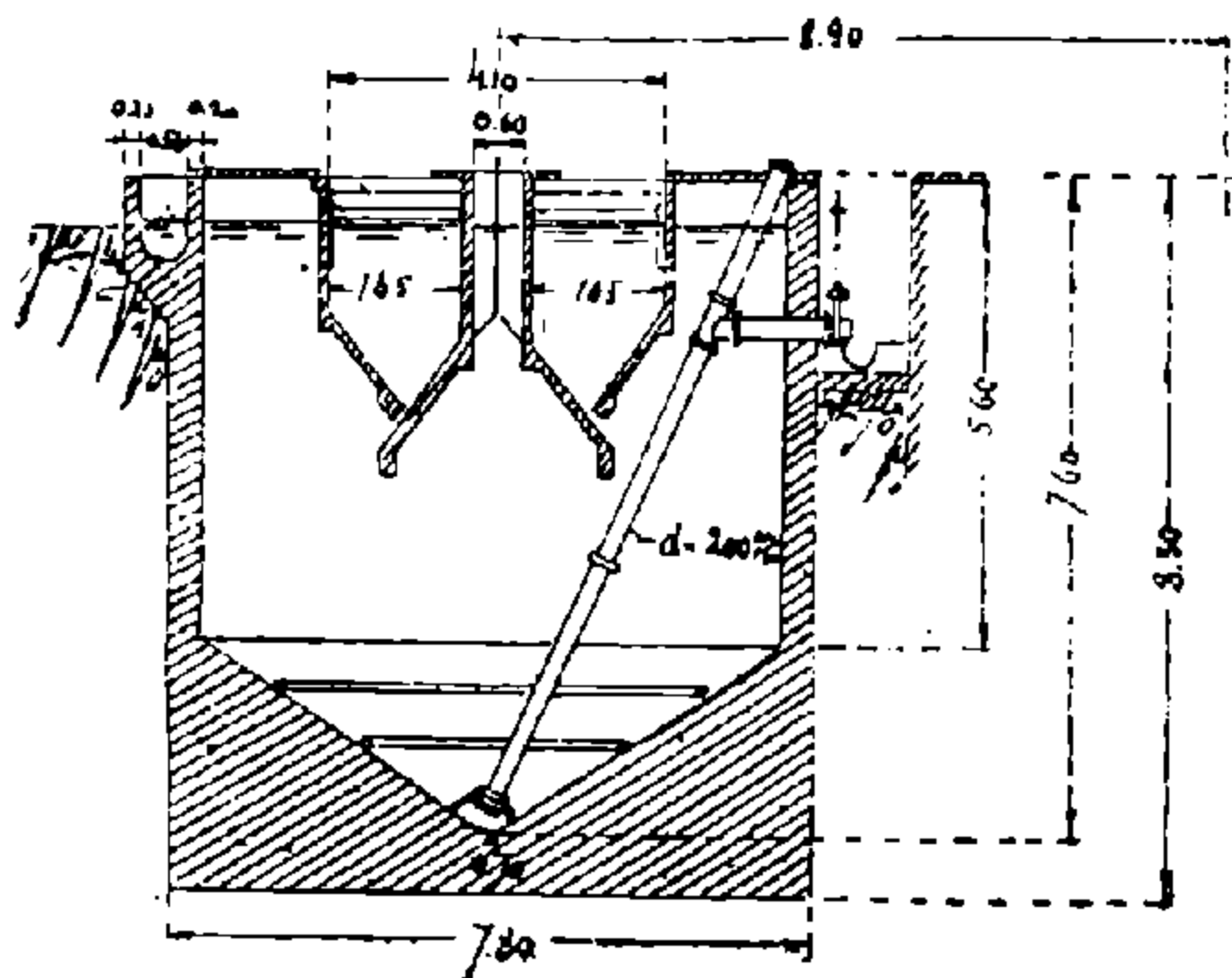


Рис. 121. Эмшер-бассейн гор. Пятигорска. Поперечный разрез.

В небольших установках часто при скверных водоносных грунтах применяют Эмшер-бассейны с круговым движением воды. С точки зрения конструкции такого Эмшер-бассейна, тогда уже колодца, возражений нет, так как безусловно такая конструкция является наиболее рациональной, однако с точки зрения эффекта осветления она обладает рядом дефектов (рис. 122).

Вода в таком колодце, в его осадочной части, движется не полным сечением, а приближается к центру колодца, причем сечение потока получается значительно меньше сечения осадочного лотка. Это увеличивает скорость движения, уменьшает

время осаждения, а, следовательно, и уменьшает эффект осветления.

Кроме того, при малых размерах колодца d (меньше 4-х метров), входящая струя потока может уходить вниз, в загнивательную часть, минуя осадочный лоток, и появляется с противоположной стороны, у выхода из Эмшер-колодца, при этом качество сточной воды из-за прохождения через загнивательную часть значительно ухудшается.

Однако, условия сооружения таких колодцев настолько благоприятны, что с отрицательными эффектами осветления не считаются при сравнительно больших размерах колодцев.

Эмшер-бассейны нашли у нас в Союзе применение в канализации городов Харькова, Тулы, Баку, Ярославля и многих других.

За последнее время запроектированы Эмшер-бассейны для предварительной очистки сточных вод рядом городов Украины: Сталино, Луганск, Николаев, Винница, Никополь и др.

На рисунках 123, 124 и 125 изображен отстойный бассейн типа Эмшер, построенный в г. Харькове в 1914 г., в начале строительства канализации г. Харькова.

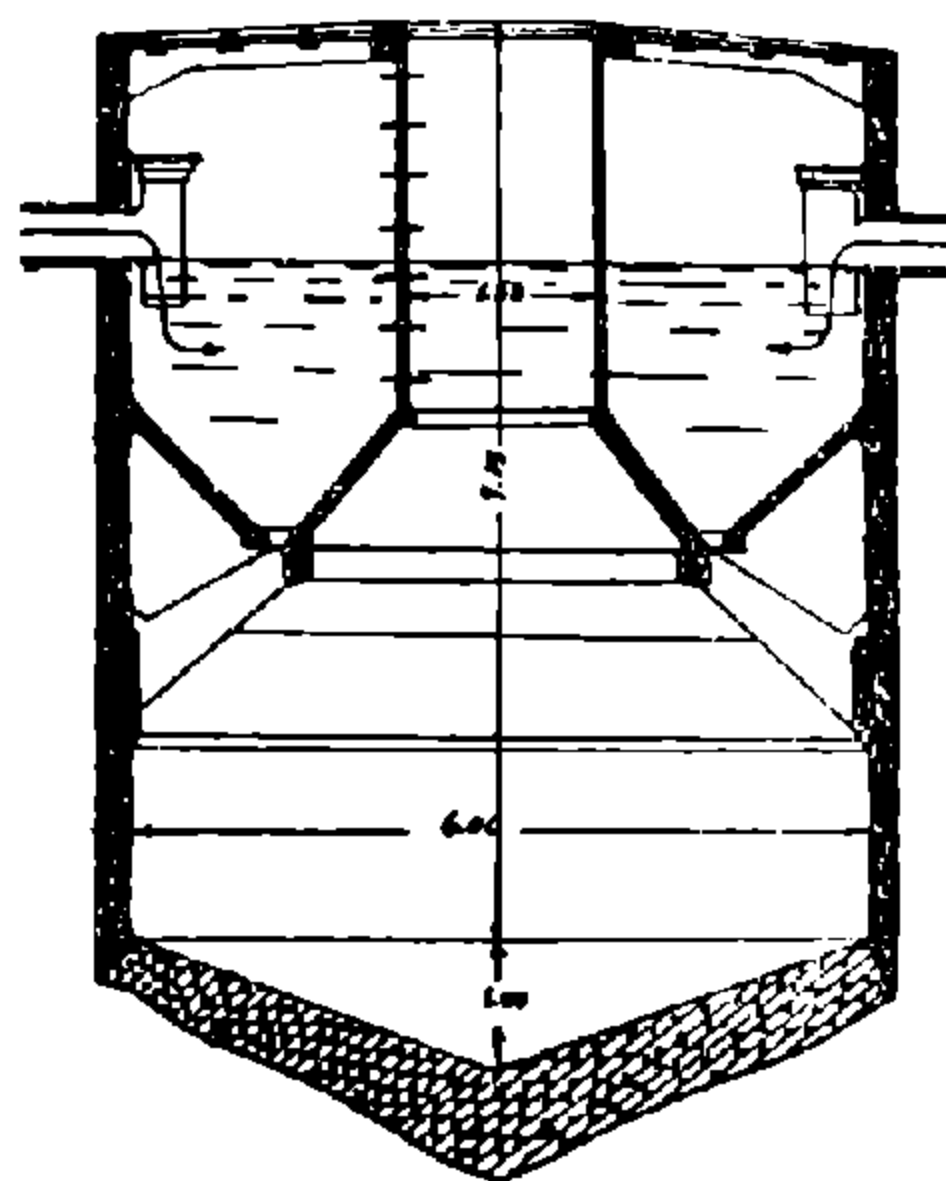


Рис. 122. Эмшер-колодец.

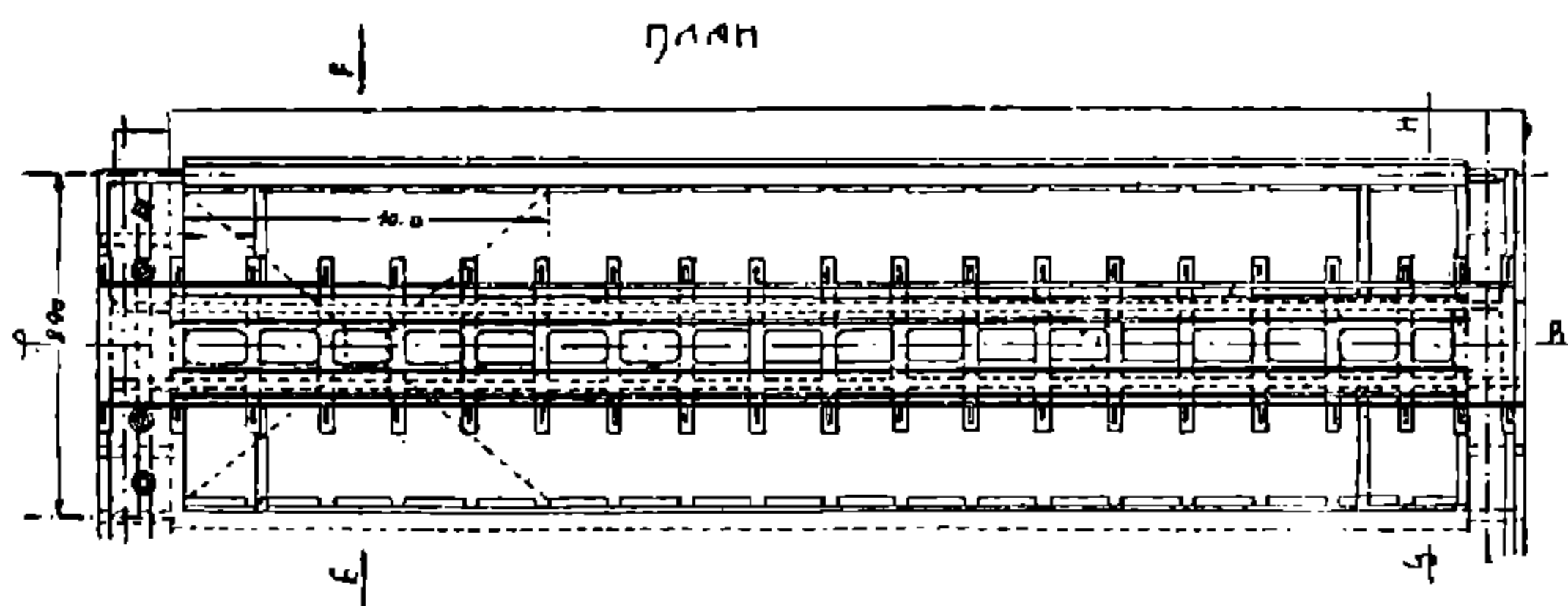


Рис. 123. Эмшер-бассейн гор. Харькова. План.

Эмшер прямоугольный, с двумя осадочными лотками и загнивательной частью между ними. Основные размеры видны из чертежа: длина, — 35,25 м, ширина 8,90 м, глубина от 7,0 до 9,15 м, не считая углубления для сбора ила.

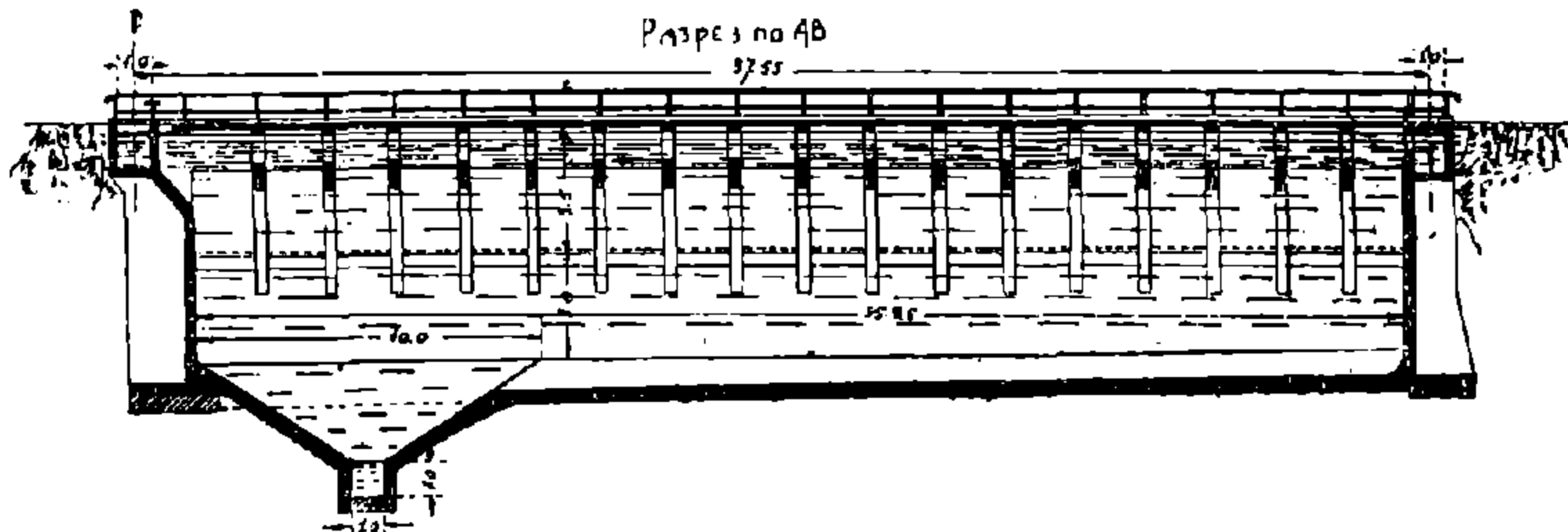


Рис. 124. Эмшер-бассейн гор. Харькова. Продольный разрез.

Эмшер-бассейн хотя не имеет перекрытия над загнивательной частью, но очень легко может быть использован для получения газа.

Время пребывания сточной воды в осадочной части 2,75 часа, средняя скорость $v = 2$ мм/сек.

В лотках установлены 2 висячие перегородки — одна в начале на расстоянии 2 м для выравнивания струи и распределения жидкости по всей ширине сечения лотка, вторая у конца на расстоянии 2,5 м для удержания плавающих веществ.

Объем загнивательной части — 970 м³.

Содержание воды в хорошо перегнивших осадках падает до 84%, причем осадки легко поддаются осушке.

Эмшер-бассейны для гор. Сталино запроектированы в виде двух рядов

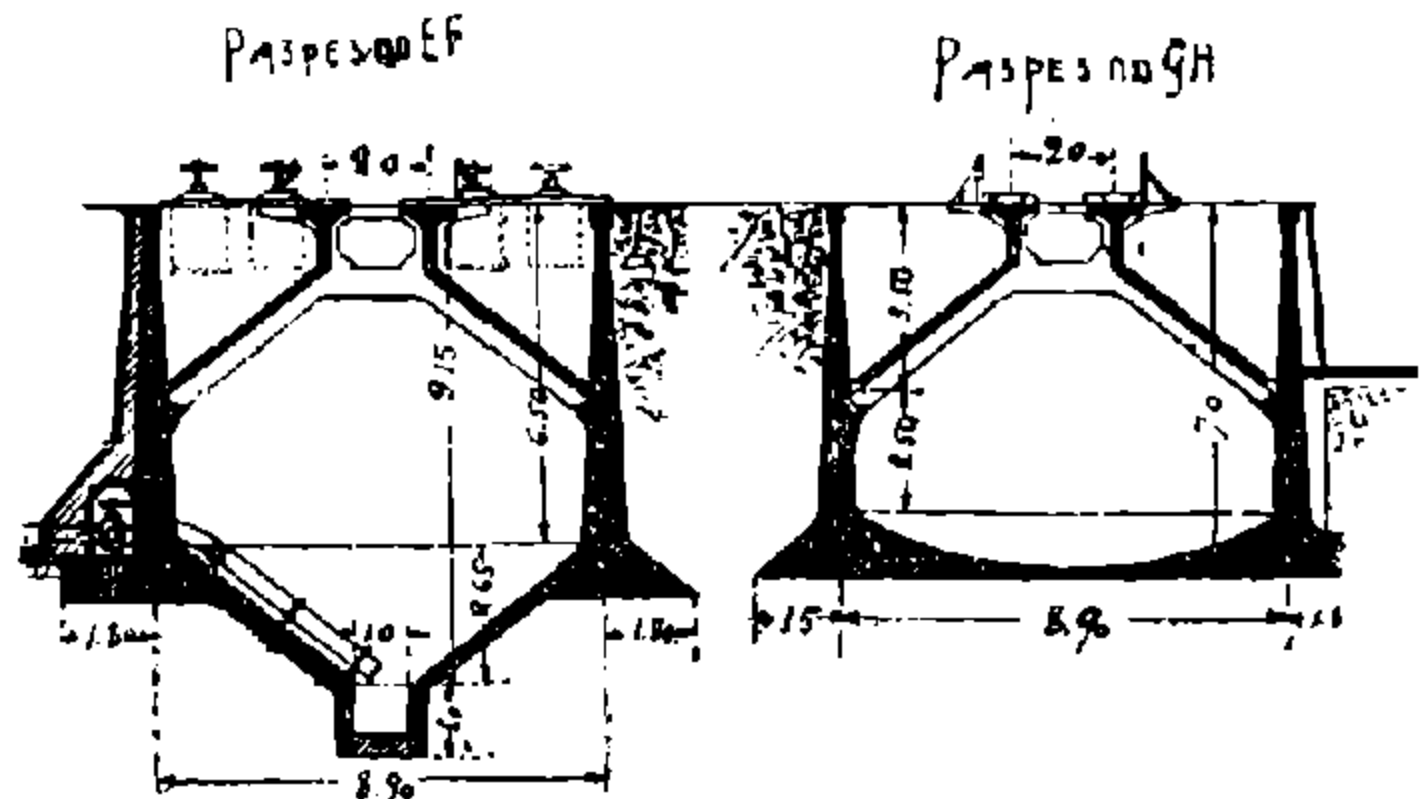


Рис. 125. Эмшер-бассейн гор. Харькова. Поперечный разрез.

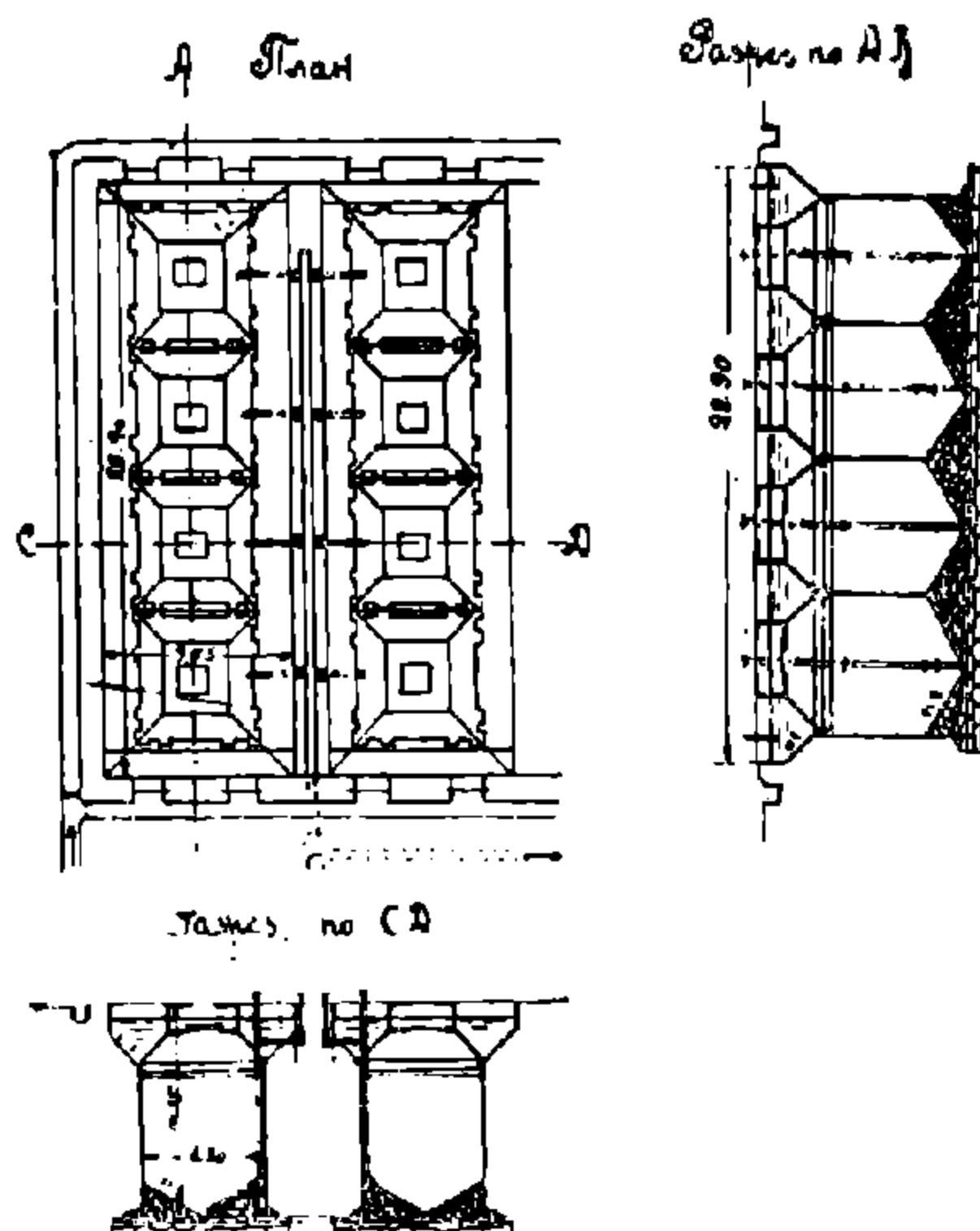


Рис. 126. Проект Эмшер-бассейна для г. Сталино.

батарей по 10 Эмшеров, причем каждый из бассейнов рассчитан на пропуск 3678 м в сутки из расчета 19 000 человек при норме водопотребления около 190 л на человека в сутки вместе с промышленными водами.

Эмшер-бассейны запроектированы типа Альбани. Длина каждого бассейна 28,9 м, ширина 9,55 м, глубина общая 10,35 м, из них осадочная часть 2,40 м, нейтральная зона 0,5 м, высота загнивательной части 5,3 м и, наконец, нижняя часть для перегнившего ила высотой 1,55 м.

Эмшер рассчитан по Блунку. Средняя годовая температура сточной воды 13 °С. Время перегнивания 80 дней.

Емкость загнивательной части на 1 жителя — 43 л. Эмшер-бассейны запроектированы из железобетона (рисунок 126).

Днище устроено из местного камня песчаника с покрытием сверху цементной штукатуркой.

Загнивательная часть железобетонными перегородками разделена на 4 ячейки.

Скорость осаждения при среднем расходе 4 мм/сек. Ширина осадочных желобов — 3,10 м.

Разность уровней воды в Эмшер-бассейне и конца трубы для отжима ила — 1,5 м.

Стоимость Эмшер-бассейнов определяется в 4—6 руб. на обслуживаемого канализацией жителя и в 40-60 руб. на кубометр сточной воды в сутки.

§ 32

ДВУХ'ЯРУСНЫЕ БАСЕЙНЫ СИСТЕМЫ „ОМС“ (OMS)

Основное отличие бассейнов системы Омс от Эмшер-бассейнов состоит в том, что осадочный лоток в бассейнах системы Омс расположен ниже поверхности воды, как это видно из рисунка 127, представляющего поперечный и продольный разрезы бассейна системы Омс.

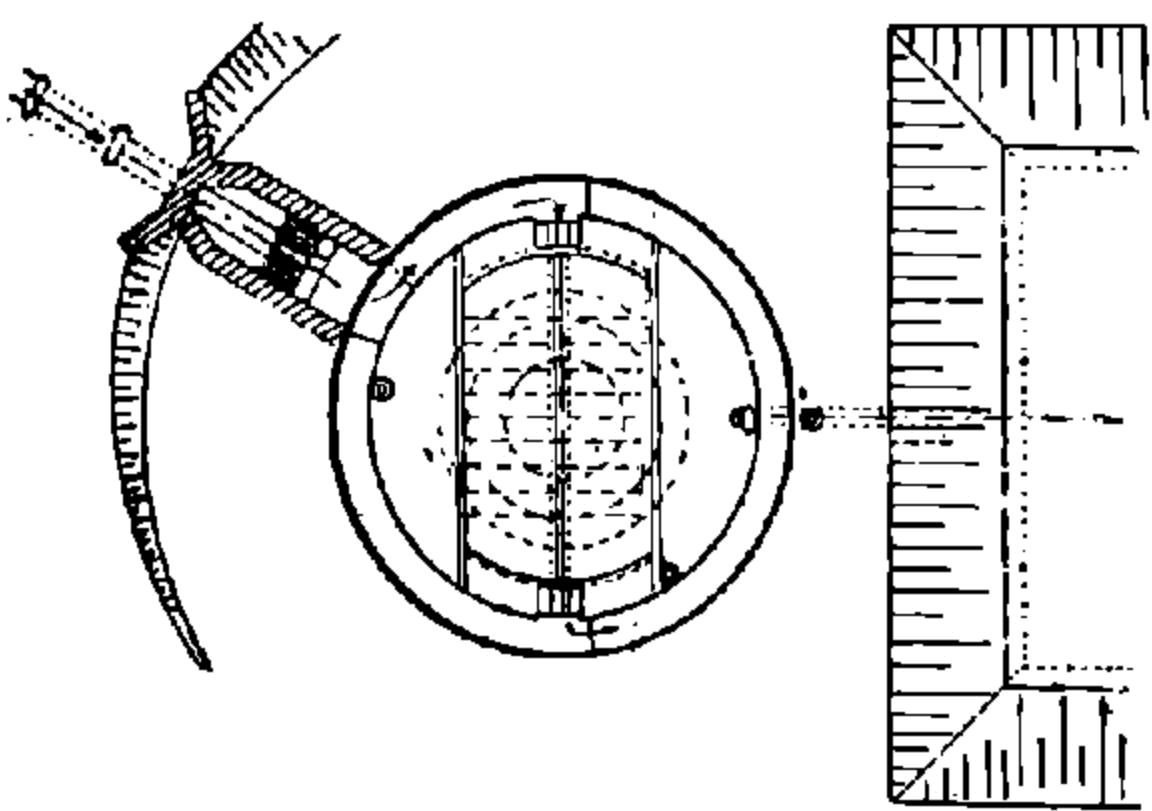
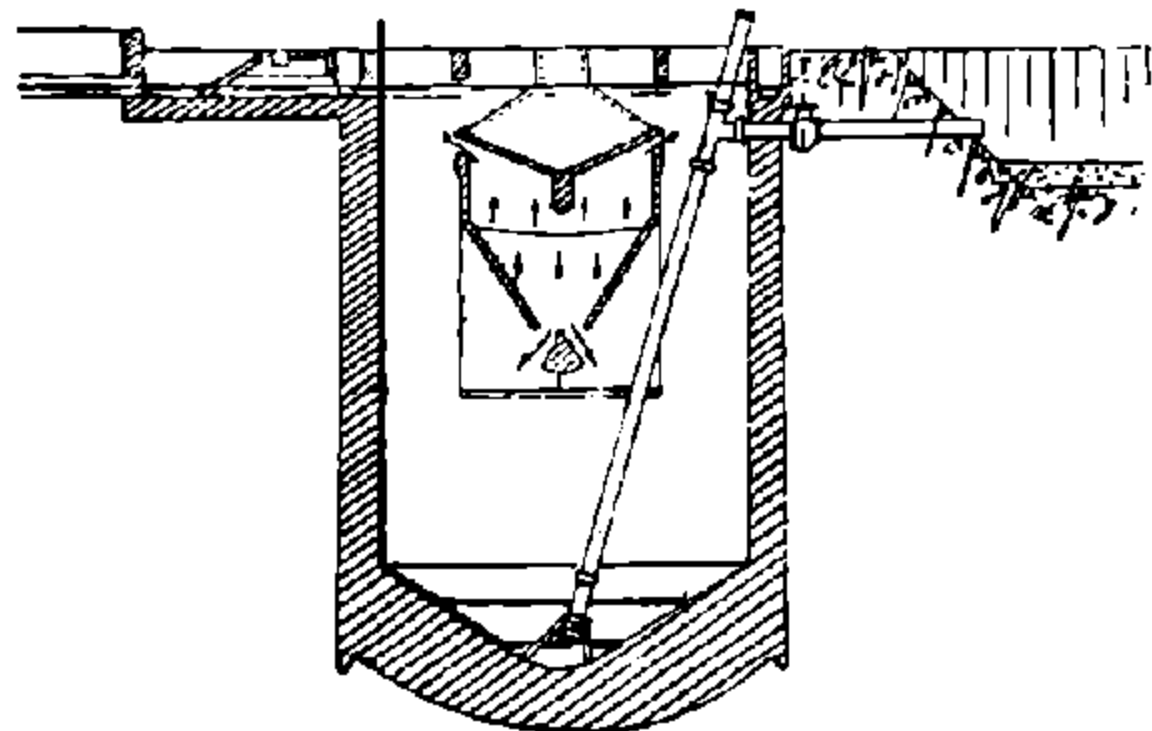


Рис. 127. Двух'ярусный отстойник системы „ОМС“.

Эта же трубка отводит излишек воды из загнивательной части при попадании в нее свежих осадков.

ДВУХ'ЯРУСНЫЕ ОТСТОЙНИКИ СИСТЕМЫ „ДУВИДАГ“

Схема отстойника Дувидаг приведена на рисунках 128 и 129.

Сточная вода подводится к отстойнику *a* по каналу *к* и уходит по каналу *и*.

Отстойник *a* соединен с рядом расположенным загнивателем *в* при помощи щели, через которую в загниватель попадают осаждающиеся в отстойнике *a* взвешенные частицы.

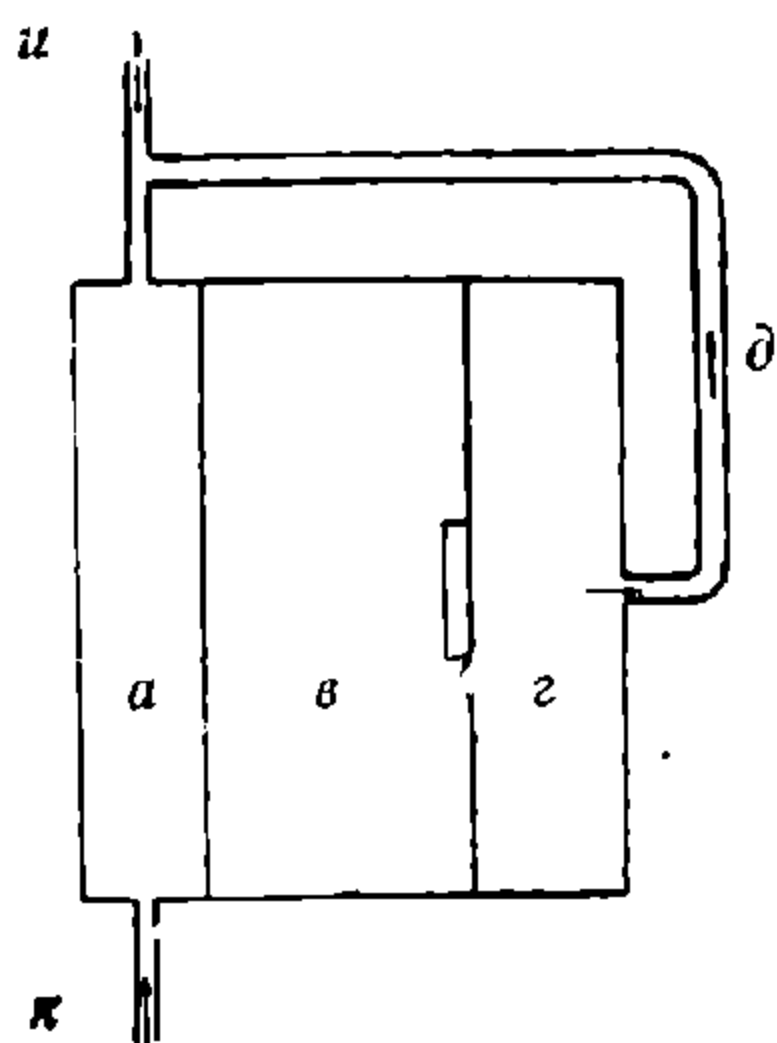


Рис. 128. Схема двух'ярусного отстойника системы „Дувидаг“. План.

Рядом с загнивателем *в* расположен второй загниватель *г*, соединенный с одной стороны с загнивателем *в*, а с другой при помощи трубы *д* с каналом *и*.

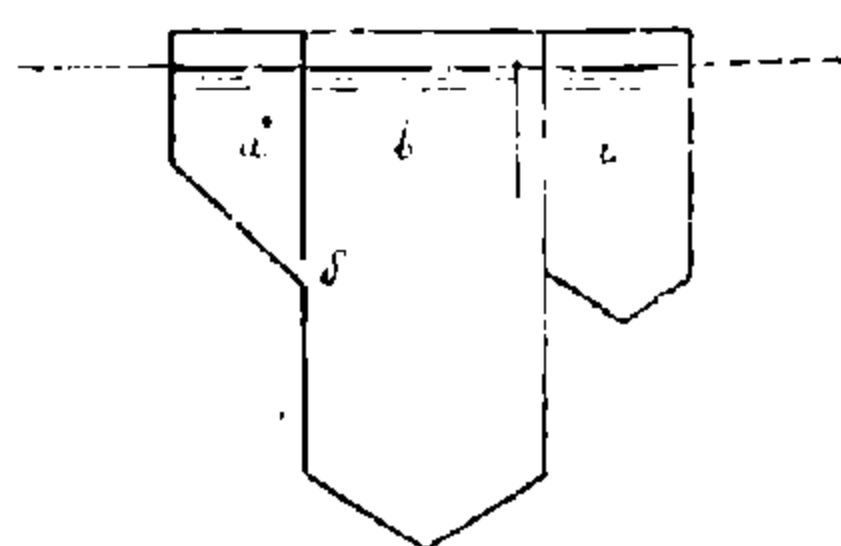


Рис. 129. Схема двух'ярусного отстойника системы „Дувидаг“. Разрез.

Такая конструкция загнивательной части делает ее до некоторой степени проточной.

Инж. Г е д ш о л ь д (Gedschold), описывая конструкцию осветлителя системы Дувидаг, указывает на такие достоинства ее: ¹

1. Благодаря соединению второго загнивателя *г* с каналом *и* вся система загнивателя становится проточной, что способствует лучшему перемешиванию свежего ила с уже перегнивающим, а следовательно, и ускоряет процесс перегнивания ила и уменьшает этим потребный объем загнивательной камеры.

Количество протекающей воды можно регулировать установленной на трубе *д* задвижкой; количество это вообще небольшое.

2. Проточность загнивателя защищает осадочную часть от попадания из загнивателя в нее загнившей воды и ила при поступлении из отстойника свежей порции ила, как это имеет место в Эмшер-бассейнах.

Соответствующий объем воды уходит при этом в трубу *д*.

3. Большая свободная поверхность загнивательной части способствует лучшей газоотдаче, более быстрому опусканию всплывающих частиц, а следовательно, избавляет от неприятностей, связанных с возможным образованием толстой плавающей корки.

4. Конструкция отстойника системы Дувидаг чрезвычайно проста и допускает совершенный контроль над всеми частями.

5. Недостатком большинства двух'ярусных отстойников является несоответствие между осадочной частью и загнивательной; в отстойниках системы Дувидаг оно может быть исправлено за счет удлинения загнивательной части *в*.

К сожалению, в нашем распоряжении нет цифровых данных о работе отстойников Дувидаг для критического суждения об их целесообразности.

¹ Gedschold E., Moderne Abwasserreinigungsanlagen in Sachsen, 1927.

Следует лишь подчеркнуть, что при использовании газа, получающегося при перегнивании ила, является необходимость в перекрытии весьма большой поверхности зеркала воды, равной площади дна загнивательной части.

Двух'ярусные отстойники системы Дувидаг применены в городе Мюнхене, причем по данным Штехера и Кепнера (Stecher und Kerpner)¹ установка работает с 1925 года, давая осветление в 80%, а газ с калорийностью в 6700 больших калорий.

§ 34

ДВУХ'ЯРУСНЫЕ ОСАДОЧНЫЕ КОЛОДЦЫ СИСТЕМЫ ТРИКС-УЛЬТРА" (TRIX-ULTRA)

В осадочных колодцах системы Трикс-Ультра происходит предварительное отделение плавающих веществ перед выпадением оседающих частиц.

Схема работы колодца Трикс-Ультра следующая (рисунок 130).

Сточная вода поступает по горизонтальному проточному каналу *A* в колодец, в начале коего устроены входные вертикальные каналы *B*, откуда вода через особые камеры *C*—отделители плавающих веществ—поступает в первую часть отстойника *D*₁. В камере *C* происходит отделение плавающих веществ, масла и жира, которые и вылавливаются с поверхности воды части *I* колодца.

В первой части отстойника *D*₁ оседают наиболее крупные взвешенные вещества. Вторая часть отстойника *D*₂ соединяется с первой отверстием *O*, причем во второй части отстойника *D*₂ оседают уже более мелкие частицы. Пройдя под плавающими ребрами *E*, осветленная вода попадает в спускной канал *F*.

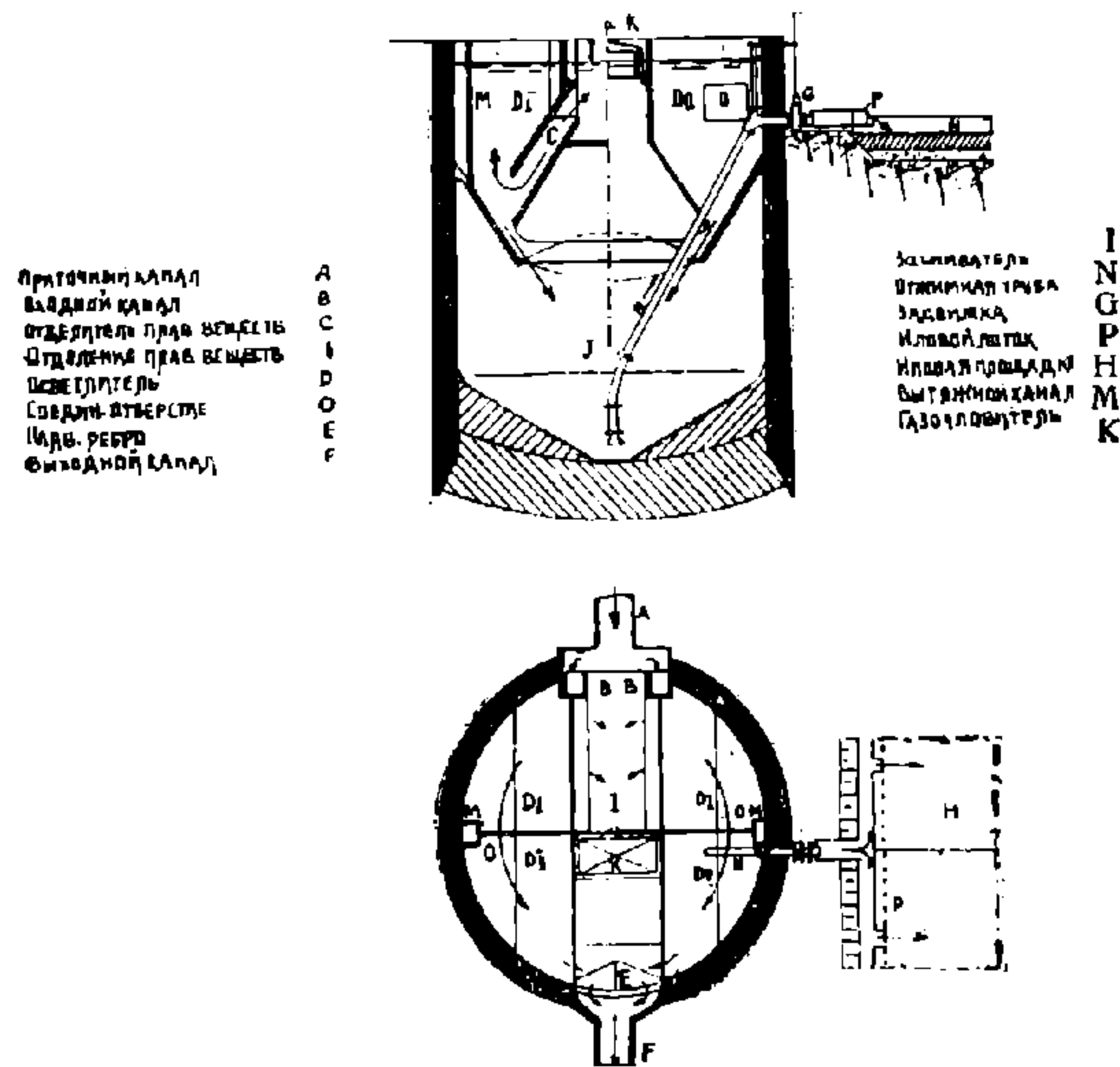


Рис. 130. Двух'ярусный осадочный колодец системы „Трикс-Ультра“.

Под осадочными частями *D*₁ и *D*₂ устроен общий загниватель, снабженный газоуловителем *K* и трубой *N* для отжима перегнившего ила. На трубе установлена задвижка *G*. С одной и другой стороны колодца имеются вытяжные каналы *M*.

Фирма, рекламирующая эти колодцы, сообщает, что работают они безо всякого запаха, с высоким эффектом и в Постройке и эксплуатации недороги.

§ 35

НЕЙШТАДСКИЕ БАССЕЙНЫ

Заканчивая обзор современных двух'ярусных отстойников, необходимо остановиться на предложенных в 1910 г. Штейером (Steuer) типе отстойников, называемых Нейштадскими бассейнами (рис. 131, 132, 133).

¹ Stecher und Kerpner, Erweiterung der Schlammabgabe auf der Münchener Kläranlage, 1932

В Нейштадских бассейнах камеры осаждения и перегнивания разделены, но в отличие от двухъярусных отстойников, камеры эти расположены не одна над другой, а рядом, правда, в камере перегнивания уровень воды несколько ниже, чем в камере осаждения.

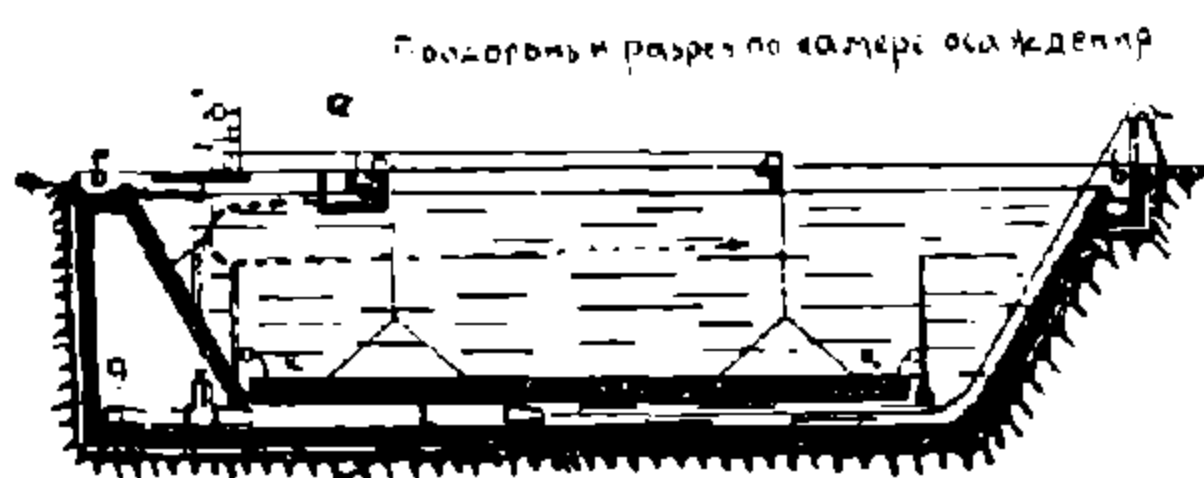


Рис. 131. Нейштадский бассейн. Продольный разрез по камере осаждения.

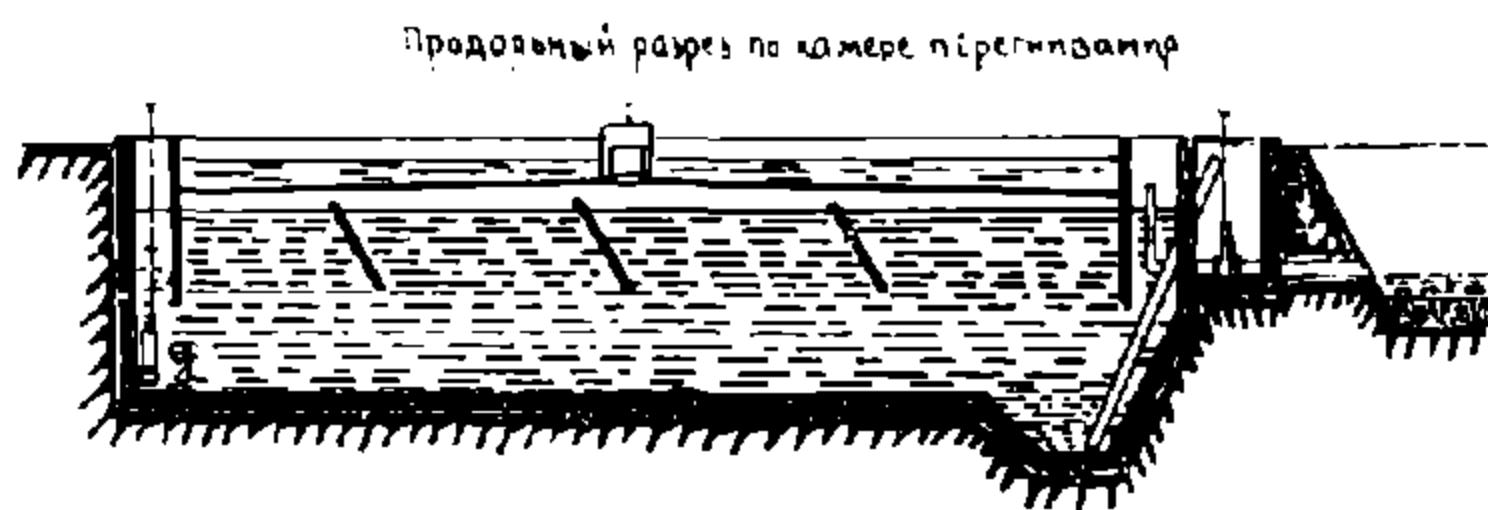


Рис. 132. Нейштадский бассейн. Продольный разрез по камере перегнивания.

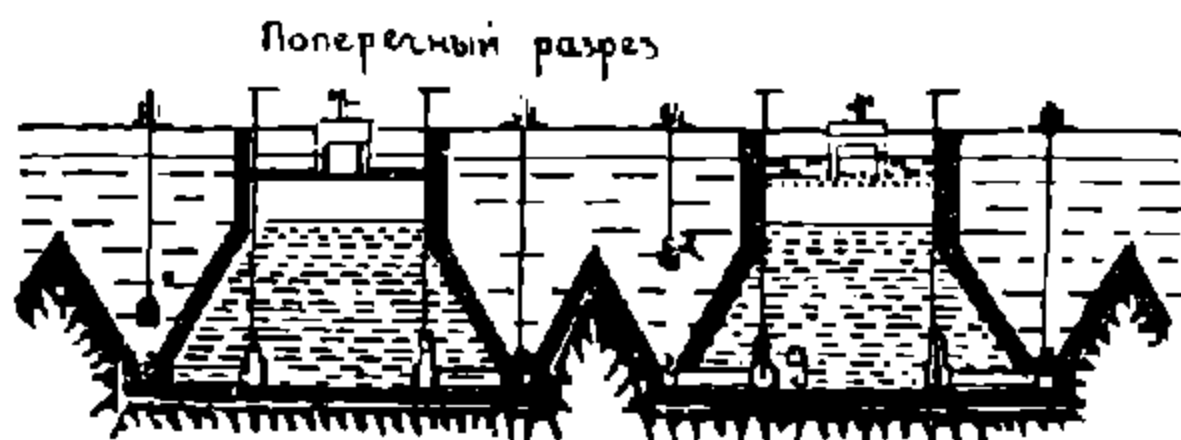


Рис. 133. Нейштадский бассейн. Поперечный разрез.

Камера осаждения представляет обычный отстойный бассейн, в верхней части прямоугольного сечения, а в нижней трапециодального, заканчивающегося в самом низу небольшим прямоугольного сечения лотком.

Свежая вода, подлежащая осветлению, поступает в лоток *а*, расположенный в начале камеры осаждения. Вытекающая из лотка *а* вода в направлении обратном основному движению, на некотором расстоянии от лотка, поворачивает и движется, как это указано на рисунке стрелкой. В месте поворота струи создаются благоприятные условия для отделения легких жировых веществ, которые могут быть сброшены в лоток *б*. Прошедшая через камеру осветленная вода уходит в лоток *в*.

Выпадающий ил осаждается в лоток *г*. С целью некоторого его уплотнения и создания условий для отжима его в камеру перегнивания имеются, обычно, подвешенные балки *к*, при опускании которых создается как бы напорный лоток, по которому ил и направляется к задвижке *д*, соединяющей камеру осветления с камерой перегнивания. При открытии задвижки *д*, благодаря разности уровней в камерах осветления и перегнивания, ил выжимается из лотка *г* в начальную часть камеры перегнивания. С целью уменьшения количества поступающей с илом воды, в лоток вводится подвижная пробка, давлением воды на которую происходит отжим ила.

Ил в камере перегнивания постепенно продвигается к концу ее (под давлением новых порций свежего ила, поступающих в камеру перегнивания) и дойдя до конца ее, перегнив за это время, выжимается по трубе для направления на иловые площадки.

Бем (Böhm) указывает, что Нейштадские бассейны представляют собою

один из современных типов отстойников с отдельно расположенной загнивательной частью¹.

Мы держимся несколько иной точки зрения. Камера осветления в Нейштадских бассейнах является сравнительно глубокой, что нежелательно для процесса отстаивания. Потеря некоторого объема камеры перегнивания, за счет необходимой разности уровней в камерах осветления и перегнивания, невыгодно сказывается на полезном использовании объема всего сооружения. Строгое продвижение ила в камере перегнивания по срокам поступления его вызывает сомнения. Небольшая глубина камеры перегнивания не создает условия для некоторого обезвоживания ила и т. д.

Очевидно, эти причины являются показателями малого распространения Нейштадских бассейнов. Их применяют, в основном, для промышленных стоков, когда оседающий ил не требует перегнивания.

§ 36

ЖИРОЛОВКИ

Жир и масла находятся в сточной воде частью в плавающем состоянии, частью облепляют взвешенные частицы. В нормально хозяйственно-фекальных водах их количество сравнительно небольшое. Жиры попадают в сточную воду, главным образом, с кухонными водами, с мыльными водами умывальников, ванн, прачечных, с водами из скотобоев, масла же — из гаражей и силовых установок. С целью недопущения жиров в сточные воды требуется установка жироловителей на всех выпусках из фабрик-кухонь, прачечных, бань и проч. Масло- и бензиноловители должны быть установлены на выпусках соответствующих производственных вод.

Не смотря на применяемые меры защиты, все же в сточных водах имеется значительное количество жиров и масла.

В связи с этим обстоятельством возник вопрос об улавливании жиров из сточных вод, что с одной стороны обещает определенную хозяйственную выгоду, так как жиры можно использовать для технических надобностей (на изготовление свечей, мыла), а сточная вода, освобожденная от жира, легче подвергается очистке, так как жиры закупоривают поры фильтрующих материалов.

По данным Дунбара, организованное в Берлине общество по очистке сточных вод рассчитывало в свое время на получение жира в количестве 20 г в сутки на 1 жителя, пользующегося канализацией, и считало поэтому, что извлечению жира из сточной воды предстоит весьма значительная будущность.

Конечно, приведенное количество жиров на человека является определенно преувеличенным.

Дунбар считает, что из нормальных сточных вод хозяйственно целесообразно извлекать жир без устройства каких либо сложных установок с химической переработкой, а просто собирая жир с поверхности воды в отстойниках. Собранный таким образом жир пользуется спросом на мыловарение.

На этот путь в последние годы стала у нас и Москва. На Кожуховской станции аэрации и на Люберецких полях фильтрации жир извлекается с поверхности отстойников и используется на приготовление мыла.

По данным, полученным нами в Москве в январе 1933 года, жир снимается с поверхности отстойных бассейнов раз в декаду, когда слой его вместе с плавающими веществами составляет 10—20 см.

Наиболее широкое распространение на Западе для улавливания жира получили жироловки Кремера (Kremer), основанные на принципе умень-

¹ Böhm, Gewerbliche Abwässer, 1928

шения скорости в бассейне, что ведет к всплыванию на поверхность наиболее легких жировых частиц.

На рисунке 134 изображен поперечный разрез жироловки Кремера.

Сточная вода подается к вертикальным каналам, по которым и движется вниз. Установленные в конце каналов закругления *б* заставляют воду менять свое направление и двигаться вверх с небольшой скоростью, что способствует выделению жиров и всплыванию их в камере *в*. Затем поток воды меняет свое направление и движется в обе стороны к выходным каналам *г*, обтекая ребра *д*. По пути, в части *е*, всплывает остаток жира на поверхность воды и отводится через канал *ж*.

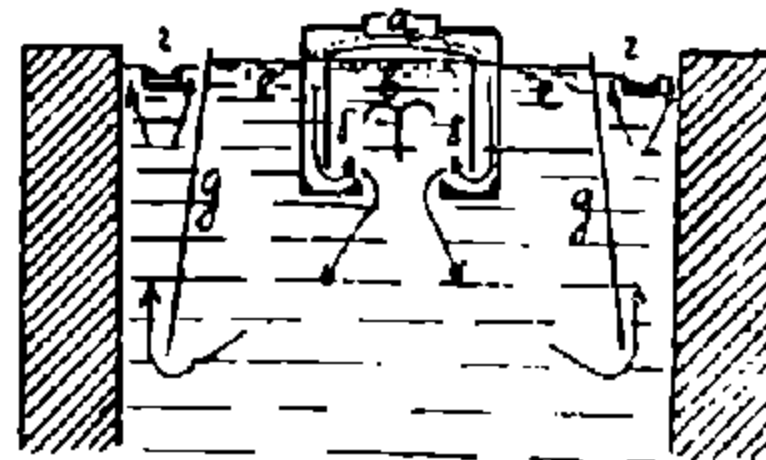


Рис. 134. Жироловка Кремера.

Недостаток жироловок в том, что одновременно с всплыванием жира, вследствие малых скоростей, происходит и осаждение взвешенных частиц на дне жироловки. В виду чего необходимо рассматривать жироловку и как отстойник со всеми отсюда вытекающими условиями и обстоятельствами.

Измененную современную конструкцию жироловки Кремера представляет рисунок 135.

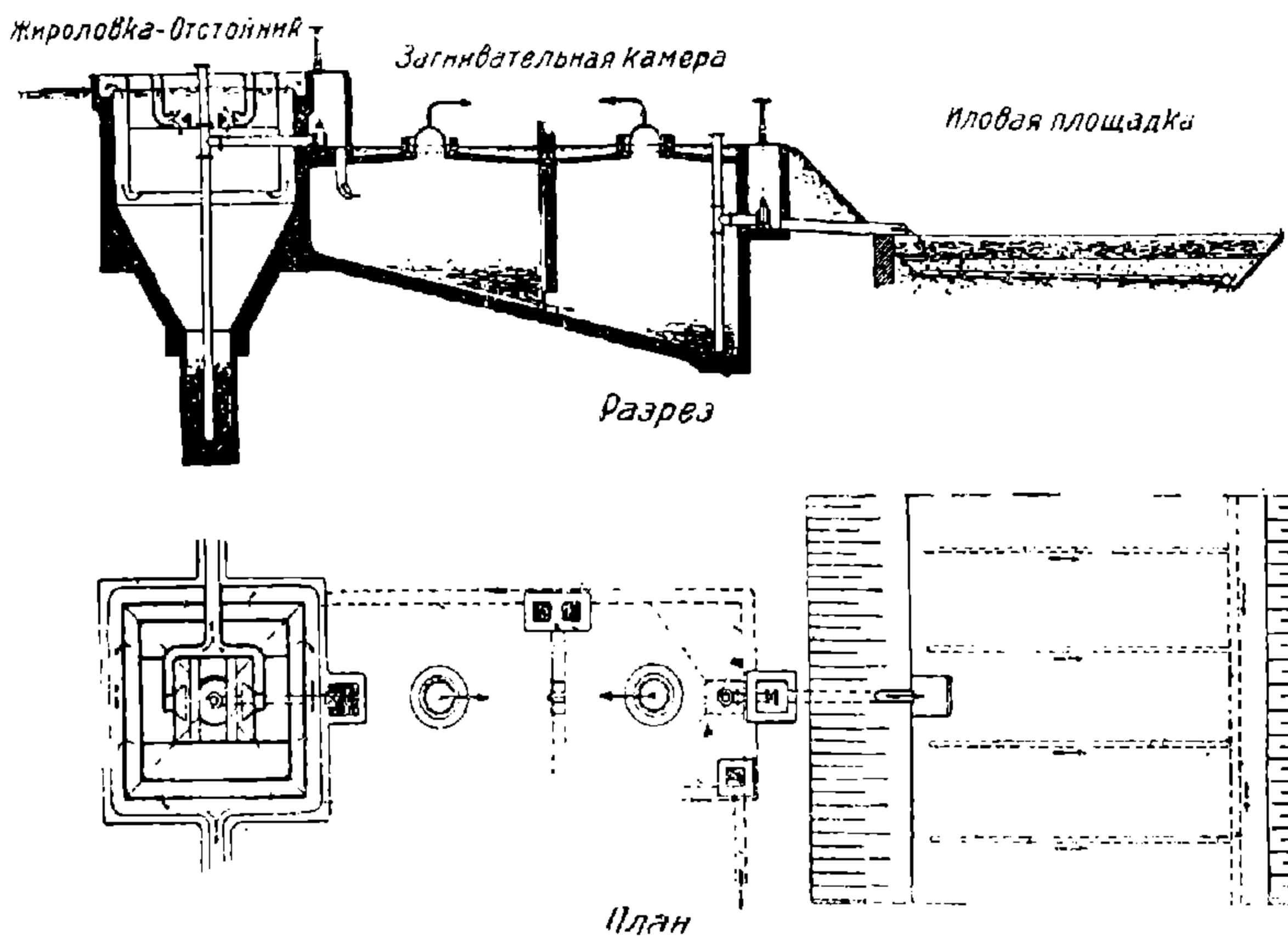


Рис. 135. Современная жироловка Кремера.

Нижняя, осадочная часть жироловки снабжена трубой для удаления осевшего ила в загниватель.

Соединение в жироловках двух функций — отделение жира и осадков — очень часто позволяет обычные отстойники рассматривать, как жироловки (Москва), верхняя поверхность отстойников служит местом для скопления жиров, откуда они и удаляются, как об этом было указано в главе об отстойниках.

Инженеры Мор и Прейс¹ (Mohr und Preuss) предлагают несколько рационализировать дело сбора жира в обычных отстойниках. Для сбора жира в начале отстойника должна быть установлена плавающая стенка

¹ Mohr E. und Preuss, Die Bedeutung des Fett und Schwimmstoffgehalts Städtischer Abwasser für Aufbau und Betrieb mechanischer Frischwasser Kläranlagen, 1932

Поступающая по трубе *a* в отстойник сточная вода (см. рисунок 136) отклоняется вправо и влево, кроме того, она из-за наличия плавающей стенки устремляется и вниз. В начале отстойника образуются замкнутые пространства, служащие для сбора всплывающего жира.

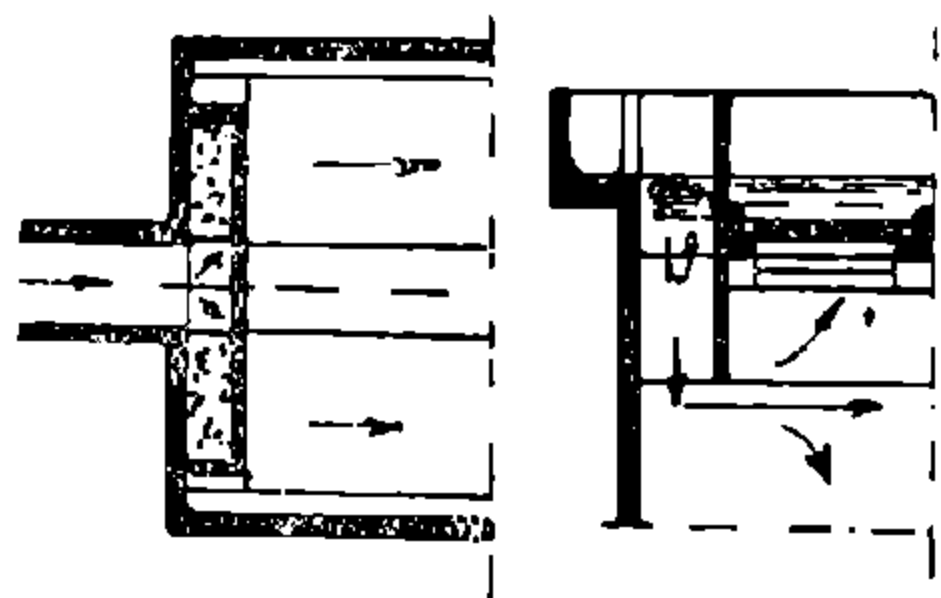


Рис. 136. Схема движения воды в начале отстойника по Мору и Прейсу.

дырчатые трубы или пористые пластинки (фильтросы) *a*, через которые продувается воздух. Вследствие искусственного увеличения давления уровень воды в средней части несколько повышается, и вода через стенки попадает в пространство *c*, специально огороженное для улавливания жира.

В зависимости от количества жира продувка производится периодически в течение нескольких минут. По данным Имгофа потребность воздуха определяется цифрой в $0,1 \text{ м}^3$ на 1 м^3 сточной воды¹.

Применяемая продувка способствует также удалению образующегося в сточной воде сероводорода; значение удаления сероводорода разъяснено в главе о септиках.

Постоянная продувка сточной воды не обязательна, так как поставленная поперек течения воды плавающая стенка защищает отстойник от проникновения жира вдоль отстойника.

Сбор жира в начале отстойника следует признать вполне целесообразным, так как, с одной стороны, при этом не приходится устраивать отдельно стоящих жироловок, а, с другой стороны, получающийся при этом жир свободен от плавающих частиц, вместе с которыми он извлекается из обычных отстойников.

При дальнейшем направлении сточных вод для очистки в аэро-тенки является необходимым возможно полное освобождение сточной воды от жира, что может быть достигнуто в отдельно расположенных и продуваемых сжатым воздухом жироловках.

Размеры жироловок зависят от расхода воды. Число жироловок должно быть не менее двух. Длина жироловок изменяется в пределах 12—30 м, рабочая глубина от 1,5 до 3,0 м., ширина жироловок по низу $b = 0,50 \text{ м}$. Откос боковых стен жироловок близок к единице. По дну жироловки укладывают фильтросы, через которые поступает воздух. Количество потребного воздуха определяется в пределах $0,25—0,5 \text{ м}^3$ на 1 м^3 сточной воды.

Время пребывания сточной воды в жироловке от 6 до 20 минут. В конце жироловки или вдоль боковых стен устраивают стоки для приема и отвода жира.

Пример. Определить размеры жироловки для города с населением в 86400 человек и нормой водоотведения в 150 л на человека в сутки.

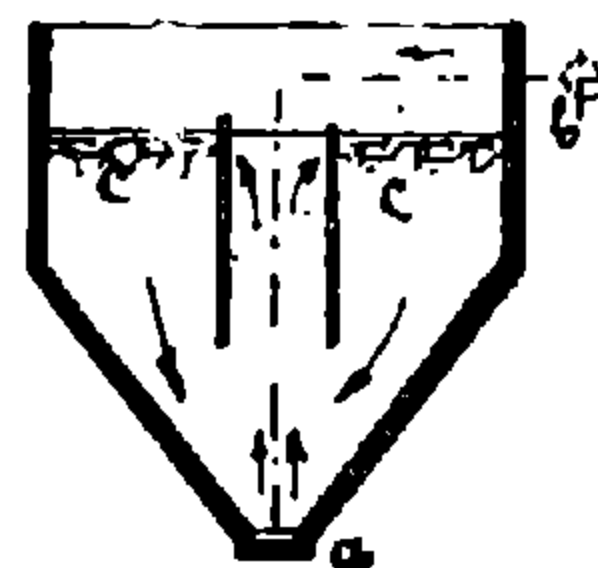
Тут же собираются и плавающие предметы, как пробка, куски дерева и пр.

При наличии в сточных водах большой примеси промышленных стоков с высоким содержанием жира целесообразно применить предложенную Имгофом продувку сточной воды для лучшего отделения жира.

Рисунок 137 представляет собою поперечный разрез отстойника в начале его, в наиболее углубленной части.

По трубе вода подводится к средней части отстойника и движется в направлении, нормальном к рисунку.

В нижней части отстойника установлены



a - фильтрос
b - воздуховод
c - пространство

Рис. 137. Поперечный разрез отстойника в начале его с показанием продувки.

¹ m h o f f K., Taschenbuch der Stadtentwässerung, 1932

Средне-секундный расход составляет:

$$Q = \frac{150 \times 86400}{86400} = 150 \text{ л/сек.}$$

Запроектируем две жироловки, на половинный расход каждую. Длина жироловки $L = 15,0 \text{ м}$, глубина $h = 1,50 \text{ м}$, время пребывания сточной воды в жироловке $t = 10$ минут.

Объем каждой из жироловок равен

$$V = \frac{Q}{2} \times 60 \times t = \frac{150}{2} \times 60 \times 10 = 45000 \text{ л} = 45,0 \text{ м}^3$$

Живое сечение жироловки

$$\Omega = \frac{V}{L} = \frac{45,0}{15,0} = 3,0 \text{ м}^2.$$

При $b = 0,5 \text{ м}$, $\Omega = 3,0 \text{ м}^2$, $h = 1,5 \text{ м}$ и откосе $m = 1,0$, ширина жироловки по верху

$$B = 3,50 \text{ м.}$$

Часовой расход воды составляет:

$$Q_{\text{час}} = Q_{\text{сек}} \times 3600 \times 3600 = 150 \times 3600 = 540000 \text{ л} = 540 \text{ м}^3.$$

Количество объемов воздуха на один объем сточной воды принимаем равным $p = 0,35$.

Часовой расход воздуха

$$P = p Q = 0,35 \times 540 = 189 \text{ м}^3.$$

Интенсивность дутья

$$J = \frac{P}{bL} = \frac{189}{0,5 \times 15} = 25,2$$

объема воздуха на 1 м^2 днища жироловки.

МЕТАН-ТЭНКИ

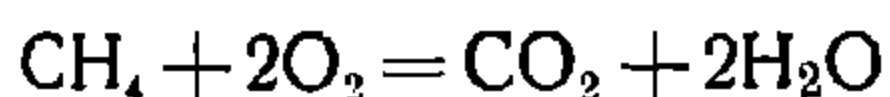
§ 37

НАЗНАЧЕНИЕ. СУЩНОСТЬ РАБОТЫ. РАСЧЕТ

Метан-тэнками называют отдельно стоящие загниватели, в которых при нормальном метановом брожении получается в значительном количестве метан. От обычных загнивателей метан-тэнки отличаются тем, что в них процесс перегнивания ила может быть интенсифицирован как путем регулирования температуры внутри метан-тэнка, так и путем изменения суточной дозы свежего ила и тщательного перемешивания его с уже перегнивающим в метан-тэнке илом.

Примечание: Метан представляет собой газ без цвета и запаха, с атомным весом 16, мало растворимый в воде. Он горит слабо светящимся пламенем и с кислородом и воздухом образует взрывчатую смесь.

Из уравнения горения:



выходит, что один объем метана требует для своего горения два объема кислорода, или, следовательно, десять объемов воздуха. Для того, чтобы смесь оказалась взрывчатой, она должна содержать на один объем метана не менее 6 и не более 14 объемов воздуха. Смеси, лежащие вне этих пределов, хотя и можно нагреванием заставить реагировать, но они уже не взрывают, причем пламя гаснет, если даже искусственно и вызвать воспламенение.

Идея устройства метан-тэнков возникла в связи с затруднениями при сооружении двух'ярусных отстойников с загнивателями (типа Эмшер-бассейнов или других), при наличии высокого стояния грунтовых вод.

Действительно, глубина двух'ярусных отстойников с загнивателями достигает обычно 10-12 м, а в некоторых случаях приближается к 15 м. Наличие высокого стояния уровня грунтовых вод удорожает конструкцию двух'ярусных отстойников и вызывает осложнения при их сооружении.

Указанное положение выдвинуло целесообразность сооружения менее глубоких отстойников без загнивательных камер, расположенных под ними, т. е. возвращения к горизонтальным или вертикальным отстойникам, но с направлением свежего ила в отдельно стоящие метан-тэнки для обезвреживания.

Метан-тэнки могут быть использованы также и для догнивания ила. Если камера перегнивания ила в Эмшер-бассейнах или в другого типа двух'ярусных отстойниках с загнивателями окажется недостаточной в силу неправильного расчета или увеличения нагрузки на сооружение и ил в последнем не доходит до стадии технического перегнивания, то его можно направить для догнивания в метан-тэнк.

В отдельно стоящих загнивателях—метан-тэнках—процессом перегнивания можно значительно легче управлять, чем в двух'ярусных отстойниках.

Увеличивая температуру, в метан-тэнках можно создать специальные условия для жизнедеятельности анаэробных бактерий, можно ускорить распад органического осадка и тем уменьшить срок пребывания ила в метан-тэнке, а следовательно, уменьшить и объем самого метан-тэнка.

Температура влияет также и на количество получаемого при распаде органических веществ газа, повышение температуры ведет к увеличению количества газа, отдаваемого 1 м³ осадка, правда, качество газа при этом несколько ухудшается, уменьшается его калорийность.

Изменяется также и количество остаточного ила в зависимости от температуры перегнивания.

Не без влияния на работу метан-танка остается и количество свежего ила, ежесуточно вводимого в метан-танк, и степень перемешивания его с уже перегнивающим илом.

Вопрос о расчете, проектировании и строительстве метан-танков является вопросом сравнительно новым, насчитывающим не более 10-15 лет. Вопрос этот в настоящее время изучается почти во всех странах мира, в том числе и у нас, главным образом, в Москве, под руководством проф. С. Н. Строганова, причем в Москве на Кожуховской станции аэрации и на Люберецких полях орошения уже работают крупные, „заводского порядка“ установки метан-танков.

На рисунке 138 приведен поперечный разрез типового метан-танка.

До последних лет оптимальной температурой для метан-танков считалась температура в 25-30°С.

При дальнейшем повышении температуры газоотдача уменьшалась, что говорило об ослаблении интенсификации процесса разложения осадка.

Работы последних лет показали, что при температуре в 50-60° газоотдача увеличивается, процесс распада осадка идет значительно быстрее, чем при температуре в 25-30°¹, очевидно, при более высокой температуре культивируется специальный вид бактерий (термофилы), благоприятствующий процессу распада органических веществ, причем температура между 30 и 50° для изучаемых видов бактерий не является оптимальной, а следовательно, и распад осадка при промежуточных температурах идет менее интенсивно.

Проверка вопроса на опытной установке в Балтиморе² при температурах в 28° и 37°С показала, однако, как это видно из рисунка 139, что при температуре в 37°С процесс идет достаточно интенсивно и что при температуре в 37°С требуется времени примерно на 5—10 дней меньше для перегнивания ила, чем при температуре в 28°С. Количество получаемого газа (газоотдача), как и количество метана, входящего в состав газа, в том и другом случае получаются одинаковыми.

Почти все существующие установки метан-танков работают при температуре до 30°С, вопрос о процессе распада органических веществ при более высоких температурах является на сегодня еще вопросом исследований и изучения.

Имгоф так характеризует влияние температуры на процессы распада органических веществ:

- а) только при температуре в 15°С процесс распада идет вполне уверенно,
- б) повышение температуры до 23-27°С уменьшает потребный объем метан-танка, благодаря уменьшению остаточного объема осадка,
- в) при температуре 33-37°С. происходит полный процесс перегнивания и, наконец,
- г) при температуре в 55°С процесс перегнивания чрезвычайно ускоряется (теоретически может дойти до одного дня по Гайлману (Heilmann)).

¹ Imhoff K., Taschenbuch der Stadtentwässerung, 1932.

² Keefer C. E. und. Kratz H., Digesting sludge at 37°С., 1933

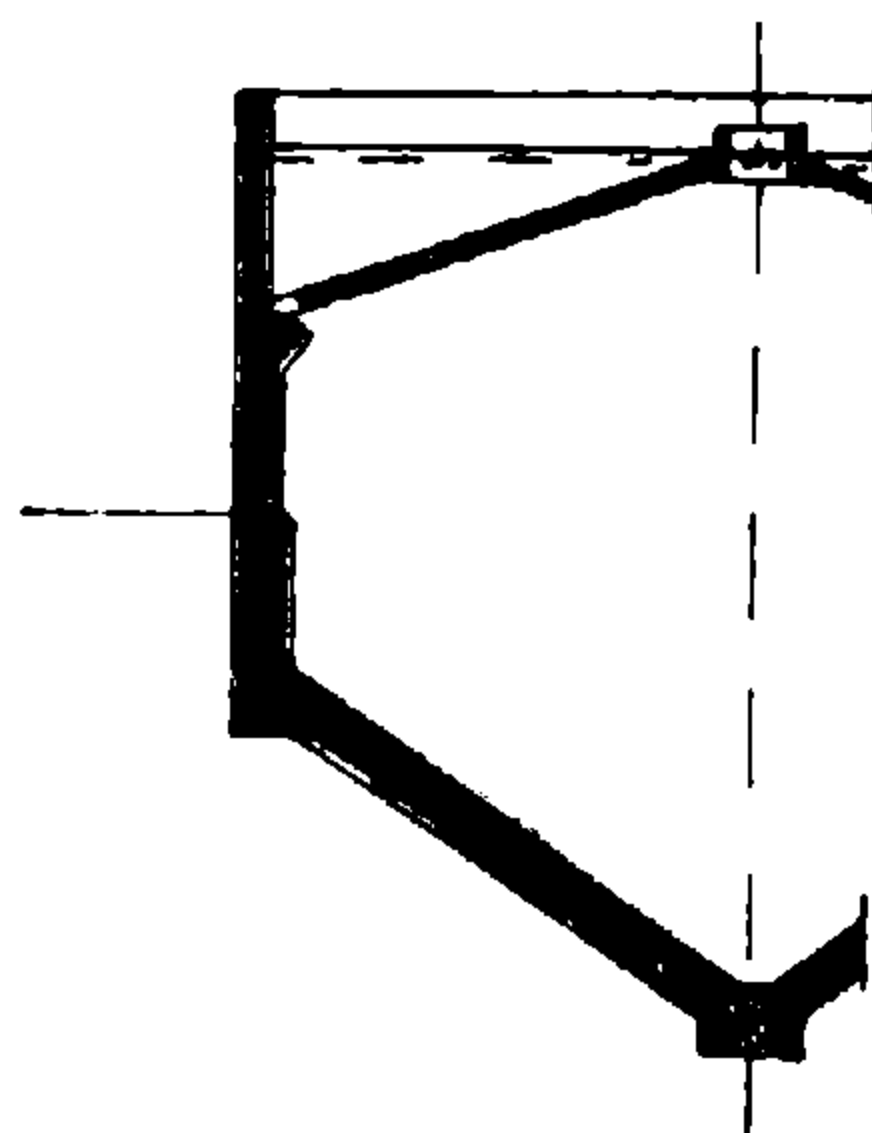


Рис. 138. Разрез метан-танка

Гайлман на основании опытных данных по загнивателям города Галле говорит, что при температуре ниже 4°C прекращается жизнедеятельность бактерий, а следовательно, и перегнивание ила¹.

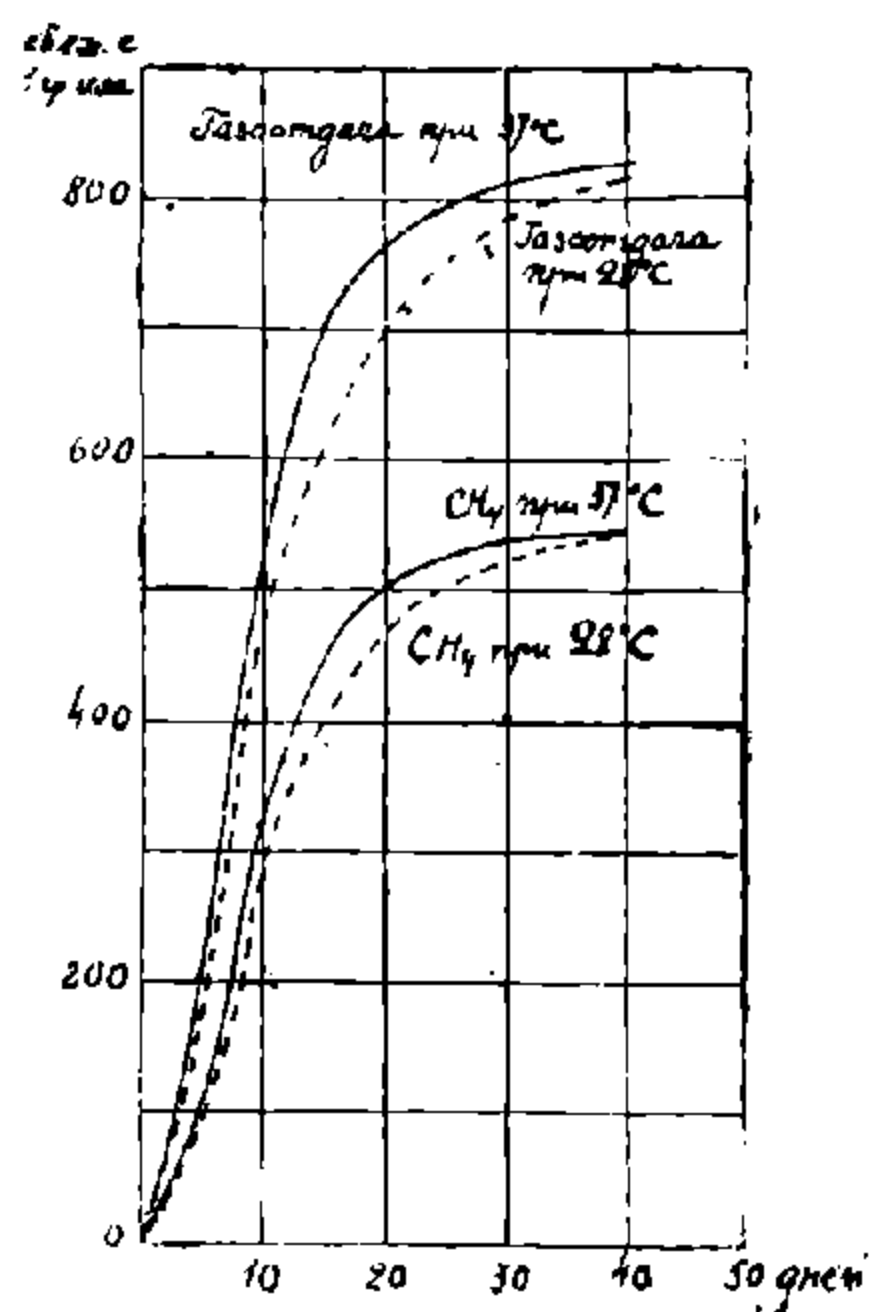


Рис. 139. Зависимость газоотдачи от температуры (г. Балтимора).

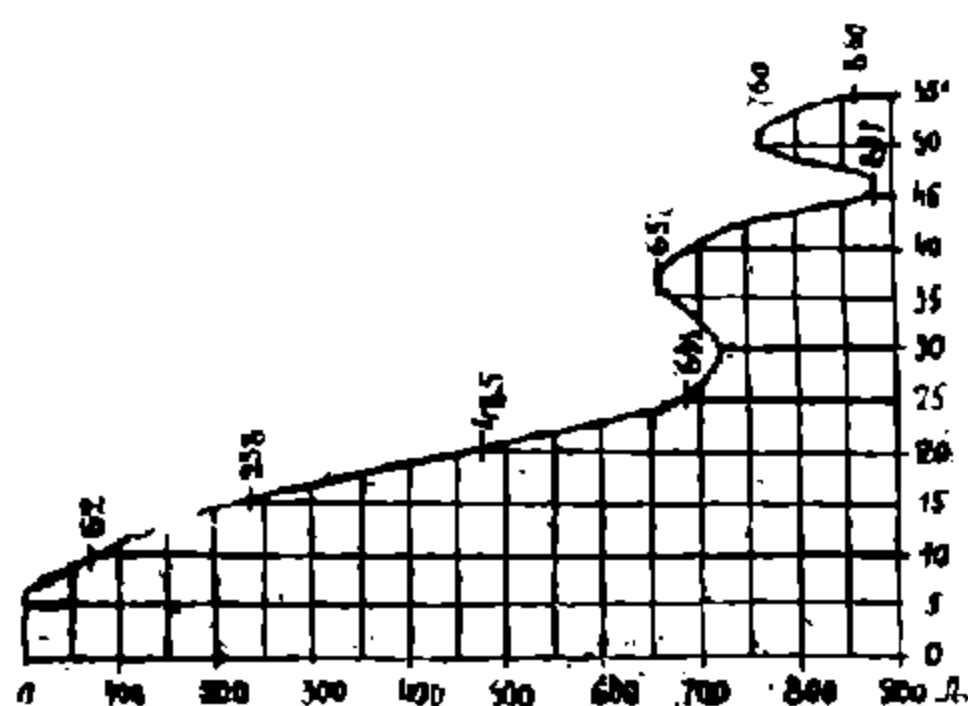


Рис. 140. Зависимость газоотдачи от температуры по опытным данным Сирпа.

Время перегнивания по Гайлману определяется в зависимости от температурных условий следующей таблицей:

при температуре 10°C	время перегнивания	120 дней.
15°		60 "
28°		25 "
$45 - 55^{\circ}$		14 "

Проф. Строганов рекомендует несколько иную таблицу²:

при $5,0^{\circ}\text{C}$	— время перегнивания	210 дней
$7,0^{\circ}$	" —	180 "
$8,5^{\circ}$	" —	150 "
$10,0^{\circ}$	" —	120 "
$12,0^{\circ}$	" —	90 "
$15,0^{\circ}$	" —	60 "
$20,0^{\circ}$	" —	30 "
$25,0^{\circ}$	" —	21 "

Влияние повышения температуры на газоотдачу Имгоф³ учитывает на основании опытов, проведенных д-ром Сирпом. Результаты этих опытов приведены на следующей диаграмме (рисунок 140).

Газоотдача при температуре в 30°C составляет 715 л газа на 1 кг органического вещества в свежем иле, при температуре в 37° — газоотдача понижается до 657 л, при температуре в 46° она снова повышается до 877 л, дальнейшее повышение температуры дает понижение газоотдачи — 760 л и, наконец, при температуре в 55° — газоотдача 860 л. Кривая газоотдачи получена Сирпом на основании лабораторных опытов, проводимых в течение двух месяцев для каждой из температур. Свежий ил при этом смешивался с уже перегнившим (при метановом брожении) в пропорции 1:1.

¹ Heilmann, Erfahrungen mit der künstlichen Erwärmung von Schlammräumen in der Kläranlage der Stadt Halle, 1932.

² Строганов С. Н., Методы биологической очистки, 1933.

³ Imhoff K., Taschenbuch der Stadtentwässerung, 1932.

Имгоф указывает, что ил, минерализованный при высоких температурах, обладает запахом, что, конечно, является крупным недостатком.

Окончательное суждение о наиболее оптимальной температуре для перегнивания в метан-танке можно будет сделать в дальнейшем на основании проводимого ныне изучения вопроса, пока же следует признать таковой температуру 25 — 30° С.

Проф. Строганов, рассчитывая метан-танк, исходит из условия, чтобы за сутки успело бы разложиться не менее 50—60% свежего осадка (обратиться в газ и в растворимые соединения, ликвидироваться)¹.

Свои расчеты проф. Строганов ведет для температуры 20° и 25° С и на основании ряда опытных данных предлагает следующий график (рисунок 141).

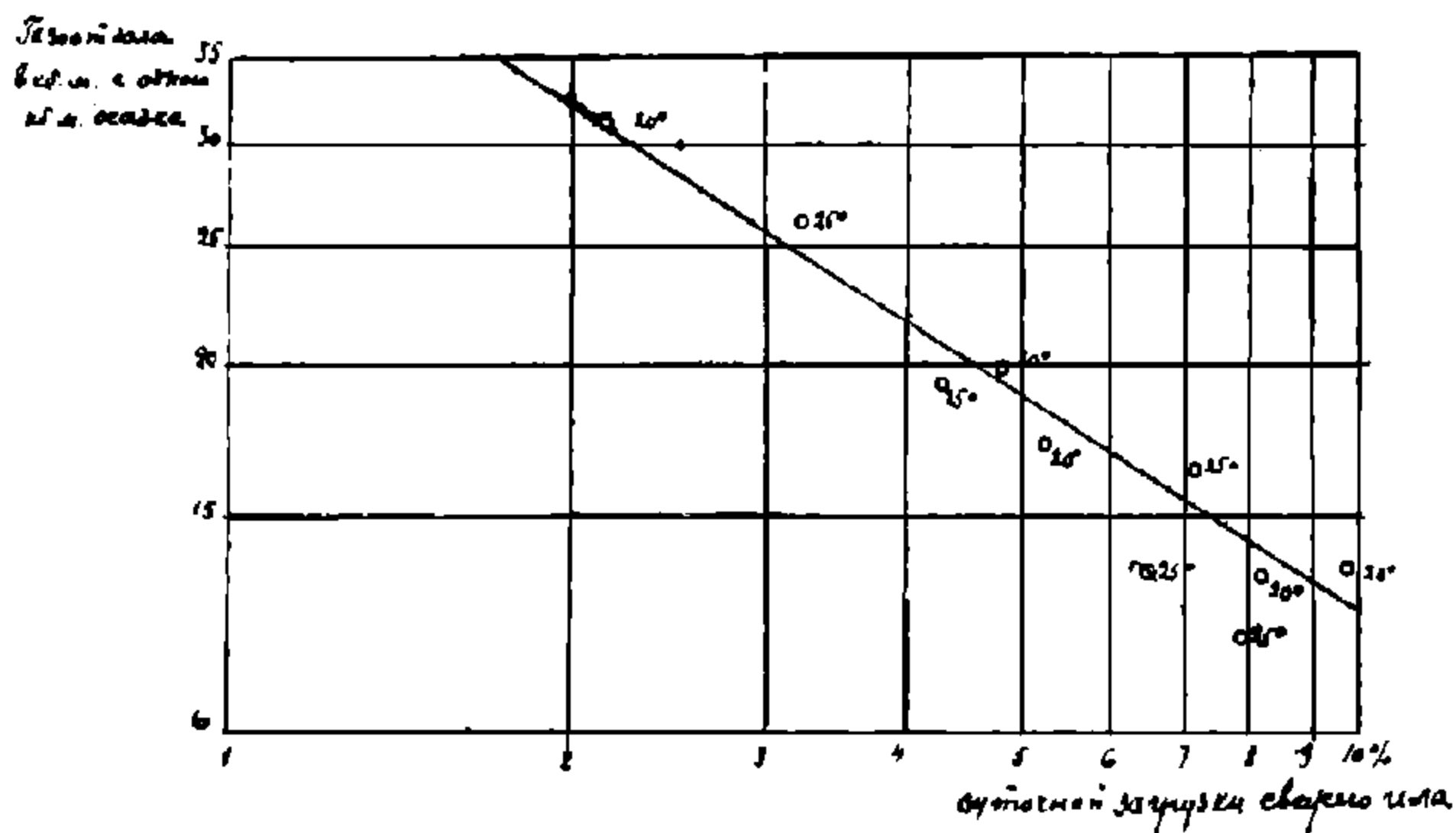


Рис. 141. Влияние процента суточной загрузки свежего ила на газоотдачу.

Приведенный график, в логарифмической шкале, построен на основании опытных данных распада осадка (опыты К. А. Овсяниковой).

Таблица 21

Влияние температуры на работу метан-танка

Температура 20°		Температура 25°	
Доза в % объема М.Т.	Количество газа м³ на 1 м³ осадка	Доза в % объема М.Т.	Количество газа в м³ на 1 м³ осадка
2,1	31,3	3,2	26,2
4,8	19,9	4,2	19,3
5,3	17,1	5,4	18,0
8,1	13,6	6,5	13,4
9,8	13,7	7,1	17,5
		7,8	12,2
		12,2	14,2
		12,2	11,1

- На основании цифрового материала можно сделать следующие выводы:
1. Газообразование (распад осадка) идет почти одинаково при температуре в 20 и 25° С, (что не совпадает с данными по Сирпу и др.).
 2. Чем меньше нагрузка, тем сильнее и глубже распад осадка.

Данные опытной установки подтверждаются установками на Люберецких полях орошения и Кожуховской станции аэрации. Так, по данным Любе-

¹ Строганов С. Н., Метан-танк, его расчет, 1930

реуких полей орошения (январь 1933 г.) с одного м³ нагрузки метан-танка получается газа при 6% нагрузке свежего ила — 15 м³, при 3% нагрузке 21 м³.

Цифры эти несколько меньше приведенных в графике лабораторных данных, но влияние уменьшения нагрузки на усиление газообразования вполне определено.

Изменение температуры за пределами 20—25° С ведет к изменению газообразования при постоянной нагрузке, либо к изменению нагрузки при постоянной цифре газообразования.

Проф. Строганов приводит таблицу 22.

Т а б л и ц а 22

Данные К. А. ОВСЯНИКОВОЙ			По ИМГОФУ	
Темпер. С	Загрузка в %	Об'ем М. Т. на жителя в л	Загрузка в %	Об'ем М. Т. на жителя в л
6,5	0,7	78,0	1,0	55,0
11,7	1,6	34,4	1,2	45,6
20,0	5,3	10,4	5,6	9,8
25,0	12,2	4,5	8,9	6,1

Если приведенные данные нанести на график в логарифмической шкале, то получим зависимости, изображенные на рисунке 142.

Из приведенной таблицы и построенного на основании данных таблицы

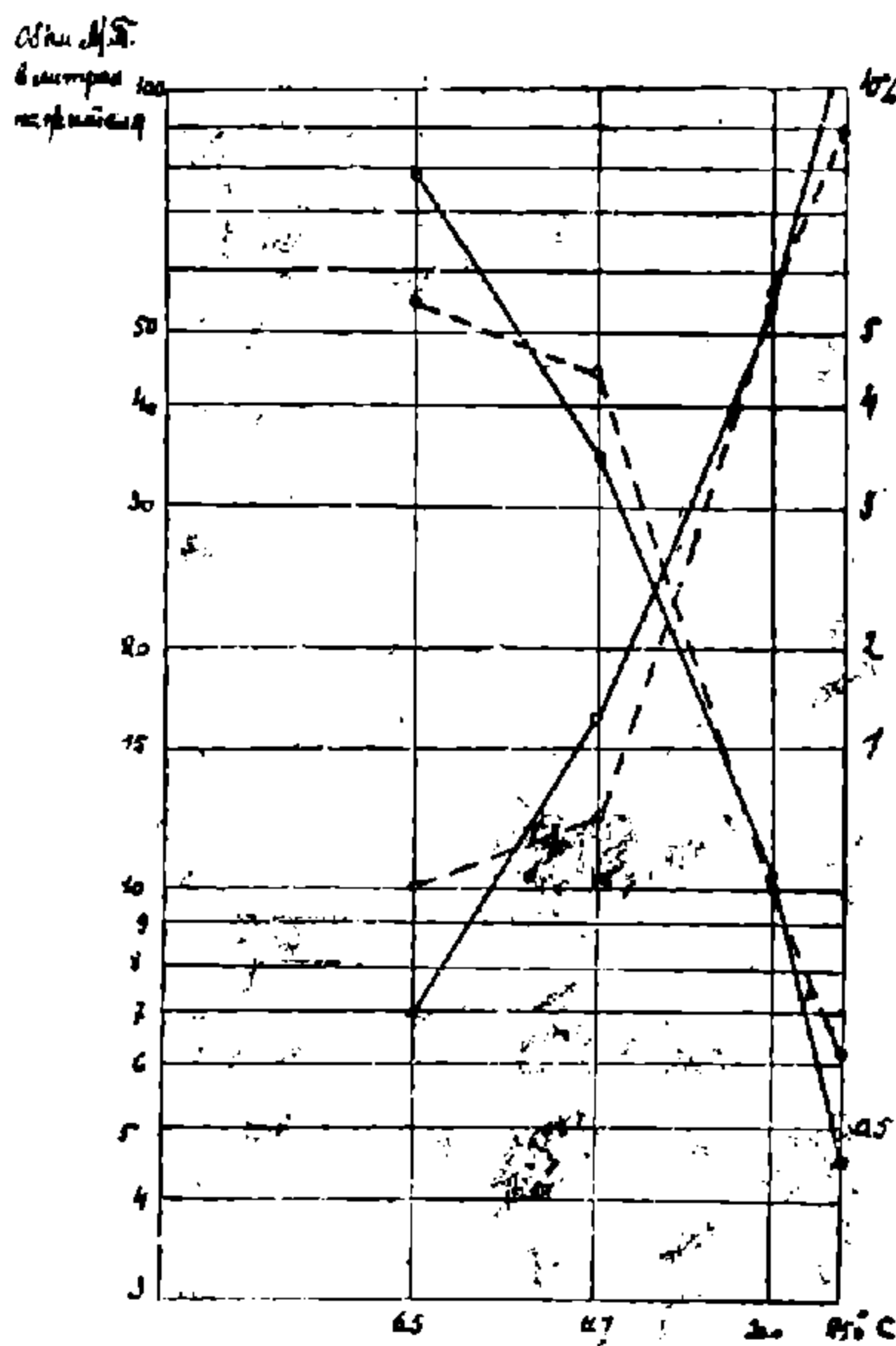


Рис. 142. Диаграмма влияния температуры на объем метан-танка.

графика видно, что с повышением температуры в метан-танке резко уменьшается потребный на 1 жителя объем метан-танка, вследствие ускорения распада ила.

Выше мы указали, что при температурах в 20° и 25° газообразование идет одинаково интенсивно; уменьшение же потребного объема метан-танка

при повышении температуры с 20° до 25° идет за счет уменьшения остатка осадка.

Для обоснования сказанного заимствуем у проф. Строганова следующую таблицу (таблица № 23).

Т а б л и ц а 23

Влияние дозы загрузки на об'ем метан-тэнка и на продукцию газа

Для температуры 20° С					Для температуры 25° С				
Доза в %	Количество газа на 1 м ³ свежего осадка в м ³	Об'ем М. Т. в л на 1 жителя	Остаток осадка в %		Доза в %	Количество газа на 1 м ³ свежего осадка в м ³	Об'ем М. Т. в л на 1 жителя	Остаток осадка в %	
			После газификации	После газификации и ликвификации				После газификации	После газификации и ликвификации
2,1	31,3	26,0	37	20	3,2	26,2	17,1	47,1	4,1
4,8	19,9	11,4	60	—	4,2	19,3	13,1	63,2	17,7
5,3	17,1	10,4	66	—	5,4	18,0	10,1	63,6	31,3
8,1	13,6	6,8	75	50	6,5	13,4	6,4	73,2	24,4
9,8	13,7	5,6	73	62	7,1	17,5	7,7	65,0	37,9
					7,9	12,2	7,0	75,5	36,7
					12,2	14,2	4,3	72,5	37,5
					12,2	11,1	4,5	78,6	48,1

На основании данных таблицы построен график остатка осадков в зависимости от дозы загрузки в % (рисунок 143).

Из приведенной таблицы и графика ясно, что при повышении температуры остаток осадка уменьшится, главным образом, за счет увеличения ликвификации (перехода в растворимые соединения).

Так, при температуре в 20° около 15—16% осадка ликвифицируется, переходит в газ от 37% до 75%, в зависимости от дозы загрузки, остается для сушки от 9% до 47%.

При температуре в 25° эти отношения иные: ликвифицируется около 35%, газифицируется от 21% до 59% и остается для сушки от 6% до 44%.

Приведенные данные дают основание для расчета метан-тэнка.

Действительно, повышая температуру до 20°, мы увеличиваем газоотдачу, при дальнейшем увеличении температуры до 25° мы уменьшаем количество остаточного осадка, а следовательно, и уменьшаем площадь потребных для обезвоживания перегнившего ила иловых площадок.

Уменьшение дозы нагрузки, увеличивая газоотдачу, ведет к увеличению об'ема метан-тэнка, а следовательно, и стоимости его.

Правильное решение задачи находится в экономическом расчете.

Проф. Строганов рекомендует при температуре в 20° С определять об'ем метан-тэнка из расчета 10,5 л на человека при загрузке в 6,6% свежего ила; при температуре в 25° С — из расчета в 7,35 л на человека при загрузке в 9,5% свежего ила.¹

В своих последних нормах проф. Строганов исходит из следующих соображений. Суточное накопление ила с водой (95%) составляет в среднем

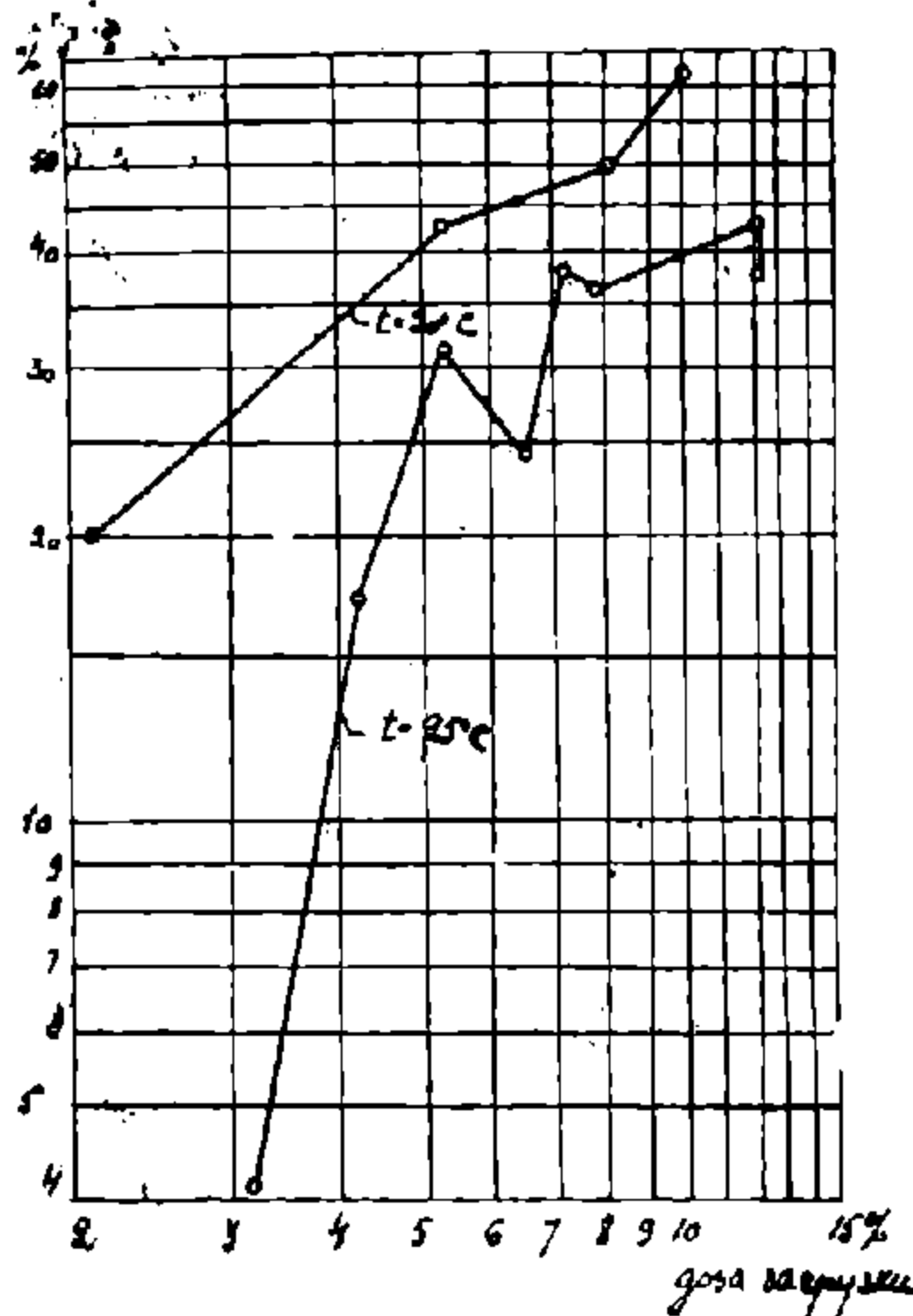


Рис. 143. Диаграмма остатка осадков в зависимости от дозы загрузки в %.

¹ Строганов С. Н., Методы биологической очистки, 1933

на человека 0,7 л. Ил этот под влиянием процессов перегнивания уменьшается за сутки на 50% (переходит в газообразное состояние и, частично, в растворимое), так что объем его составляет 0,35 л.

Время пребывания ила в метан-танке зависит от температуры. Техническое перегнивание заканчивается, как мы указали выше, при

$t = 6,0^{\circ} \text{C}$	через $T = 210$	дней
$7,0^{\circ} \text{C}$	"	180 "
$8,5^{\circ}$	"	150 "
10,0	"	120 "
12,0	"	90 "
15,0	"	60 "
20,0	"	30 "
25,0	"	21 день (по Строганову).

Отсюда, зная время пребывания ила в метан-танке T , можно получить объем его на одного жителя

$$V = 0,35 T \text{ л.}$$

Исходя из тех же соображений, можно определить и дозу суточной загрузки свежего ила в ‰. Действительно, если время пребывания T , то доза суточной загрузки будет $\frac{100}{T}$ ‰, принимая же уменьшение объема ила на 50%

$$\text{получим } K = \frac{100}{\frac{1}{2} T} = \frac{200}{T} \text{ ‰.}$$

Действительно, при $t = 20^{\circ} \text{C}$, $T = 30$ дням

$$V = 10,5 \text{ л на человека}$$

$$\text{а } K \text{ доза загрузки} = \frac{200}{30} = 6,6 \text{ ‰,}$$

при $t = 25^{\circ} \text{C}$, $T = 21$ дню,

$$V = 0,35 \times 21 = 7,35 \text{ л на чел.,}$$

$$\text{а } K = \frac{200}{21} = 9,5 \text{ ‰.}$$

Что касается газоотдачи, то при температурах в $20 - 25^{\circ} \text{C}$, по проф. Строганову, газоотдача составляет $13 - 14 \text{ м}^3$ газа на 1 м^3 осадка.

Приведенная цифра газоотдачи 1 м^3 ила при нормальных условиях перегнивания подтверждается и опытными данными Имгофа и Сирпа.

По их данным на 1 кг сухого органического вещества, попадающего в загниватель при нормальных условиях и температуре 20° , получается 460 л газа.

Если эту цифру перевести на 1 м^3 свежего осадка с влажностью в 95 ‰ , с учетом, что только $\frac{2}{3}$ осадка представляет органическое вещество, то получим количество газа $-\frac{2}{3} \times 460 \times 50 = \frac{2}{3} \times 23000 \text{ л} = 14,6 \text{ м}^3$, т. е. цифру совершенно одинаковую.

Приведенные нормы суточной загрузки и газоотдачи могут служить основанием для ориентировочного расчета метан-танков, более точный расчет возможен лишь на основании опытного изучения местных сточных вод и выделяемого ими ила.

Для того, чтобы ясно представить себе потребные объемы метан-танков, необходимо выявить количество свежего ила, подлежащего еже-

суточно направлению в метан-танки для перегнивания. При определении количества свежего ила будем исходить из удельного количества его, т. е. количества ила, отнесенного к одному человеку, обслуживаемому канализационной установкой.

По Имгофу на одного человека в сутки приходится сухого вещества из ила в отстойниках около 45 г, из коих 30 г органического вещества и 15 г минерального.¹

Ил этот, обычно, содержит значительное количество воды, причем содержание воды в иле зависит от характера и типа отстойника.

Так, по Имгофу:

1. В воронкообразных отстойниках, из которых свежий ил выкачивается насосами, количество его составляет 1,8 л на человека в сутки при содержании воды в $97\frac{1}{2}\%$.

2. В случае тщательного отделения ила от излишка воды, количество ее падает до 95% , а количество ила составляет уже 0,9 л на человека в сутки.

3. Сырой ил из сооружений для предварительного перегнивания содержит 87% воды и количество его составляет 0,3 л на человека в сутки.

Примечания: I. В случае направления в предварительные отстойники излишка активного ила, последний значительно увеличивает общее количество ила. Так, в случае тщательного отделения ила от излишка воды, количество которой не превышает 95% , количество ила, отнесенное на человека в сутки, составит 1,9 л вместо 0,9 л, т. е. увеличение ила получается более чем в два раза.

Также увеличивает количество ила на человека в сутки направление в предварительные отстойники ила из отстойников после биологических фильтров. Количество этого ила 1,5 л на человека в сутки с содержанием воды в $97,5\%$.

II. На увеличение количества ила влияет также характер промышленных сточных вод, входящих в общий сток.

III. При общесплавной системе канализации в Германии количество ила увеличивается до 100% , по данным Сев. Америки до 60% .

По Строганову осадок с содержанием $97,5\%$ воды на 1 человека в сутки составляет 1,4—1,9 л.²

При уплотнении ила вследствие выжимания воды — примерно через сутки — количество осадка падает до 0,7—0,9 л при 95% воды на человека в сутки.

Далее, С. Н. Строганов указывает, что в случае направления в метан-танк избытка активного ила, камера требует (по немецким данным) увеличения кубатуры на 50% .

Таким образом, по данным Имгофа и Строганова получаются различные нормы: по Имгофу прибавление излишка активного ила к сырому илу увеличивает потребный объем метан-танка более чем в два раза, по Строганову же лишь в полтора раза.

Это несоответствие может быть объяснено тем, что в зависимости от степени предварительной очистки, резко изменяется количество излишка активного ила. Так, по данным Винтера³ (Winter) избыток активного ила составляет от 3 до 7 л на человека в сутки. Эдди (Eddy) эту норму повышает до 10 л на человека в сутки, наоборот, Ельрод (Elrod) указывает, что избыток активного ила ничтожно мал.

Средней точки зрения придерживается Сирп. Он указывает, что если емкость загнивателя определена из расчета в 30 л на человека для сырого ила, то при направлении активного ила следует эту норму повысить только до 50 л, тем более, что максимальное количество излишка активного ила получается летом, когда процесс перегнивания происходит значительно интенсивнее.

Imhoff K., Taschenbuch der Stadtentwässerung, 1932.

² Строганов С. Н., Методы биологической очистки, 1933.

Winter E. Die Reinigung der Städtischer Abwässer mittels Schlammbelebung, 1931

Впредь до получения у нас в Союзе опытных данных, следует придерживаться нормы, принятой НККХ РСФСР, т. е. при направлении в метан-тэнк излишка активного ила увеличивать об'ем метан-тэнка против расчетного на 60⁰/₀, а при направлении в метан-тэнк ила из отстойников после био-фильтров, об'ем метан-тэнка увеличивается на 30⁰/₀.

Пример: Определить основные размеры метан-тэнка, рассчитанного на обслуживание 25000 человек.

Примем температуру в метан-тэнке при искусственном подогреве в 25°.

По Строганову необходимый полезный об'ем метан-тэнка на человека при искусственном перемешивании и при температуре 25° составляет 7,35 л, следовательно, полезный об'ем метан-тэнка будет $7,35 \times 25000 = 183\,750 \text{ л} = 183,75 \text{ м}^3$.

Откуда основные размеры: длина $L = 10 \text{ м}$, ширина $B = 3,1 \text{ м}$, высота $H = 6,0 \text{ м}$.

Газоотдача будет составлять 13 м³ на 1 м³ свежего осадка. Количество свежего ила 9,5⁰/₀ от об'ема, т. е.

$$\frac{9,5 \times 183 + 75}{100} = 17,4 \text{ м}^3,$$

следовательно, количество газа будет $13 \times 17,4 = 226 \text{ м}^3$ или 9 л на человека в сутки.

Уменьшением загрузки можно увеличить газоотдачу, но это поведет и к увеличению об'ема метан-тэнка, так, по Строганову при уменьшении дозы свежего ила в 3 раза (доза загрузки 2,2⁰/₀), газоотдача будет не 13 м³ с 1 м³ осадка, а 26,2 м³ (т. е. в два раза больше, при увеличении об'ема метан-тэнка в 3 раза).

§ 38

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РАСПАДА ИЛА В МЕТАН-ТЭНКАХ

Вопрос о подготовке ила, о температуре перегнивания в метан-тэнке является основным, т. к. уменьшение об'ема метан-тэнка идет исключительно за счет ускорения перегнивания.

При равных температурных условиях загнивательная часть Эмшер-бассейнов меньше об'ема метан-тэнка, так как в Эмшер-бассейнах происходит уплотнение ила, а в метан-тэнках мы этого не имеем.

Несколько лет тому назад Имгоф писал, что об'ем отдельно стоящих загнивателей во много раз больше об'ема загнивательной части Эмшер-бассейна.¹

И действительно, в больших английских и американских установках об'ем отдельно стоящих загнивателей был в 5 раз больше загнивательной части двух'ярусных отстойников.

Температурные условия коренным образом изменяют размеры метан-тэнка.

Повышение температурных условий в метан-тэнке достигается различными способами.

Задачу можно разрешить трояко:

1. Ил, направляемый в метан-тэнк, предварительно пропускать через особые камеры нагрева.

2. Направлять в метан-тэнк определенное количество нагретой до температуры 60—90° воды в количестве, обеспечивающем необходимую температуру метан-тэнка.

3. Установить в метан-тэнке водяное отопление, пропуская через трубы

¹ Imhoff K., Taschenbuch der Stadtentwässerung, 1926

нагретую до $60-70^{\circ}$ воду, обычно сточную, предварительно очищенную. Наиболее простым и наиболее распространенным методом является второй способ — направление в метан-танк нагретой воды. Вода эта вводится в нижнюю часть метан-танка, что способствует, благодаря разности удельных весов нормальной и горячей воды, обогреву всего содержимого метан-танка.

Для этой цели обычно используется также очищенная сточная вода в количестве до $2-3\%$ от объема метан-танка (по тепловому расчету).

Пример: Определить потребное количество воды для подогрева метан-танка при следующих условиях. Объем метан-танка $V = 500 \text{ м}^3$. Доза суточной загрузки $9,5\%$. Температура метан-танка 25° . Температура свежего ила 12° . Температура нагретой воды 90° . Потери тепла в трубопроводах — 5% . Охлаждение всего объема метан-танка за сутки $0,5^{\circ}$.

Суточная загрузка метан-танка $9,5\%$ от 500 м^3 составляет $47,5 \text{ м}^3$.

Очевидно, необходимо нагреть свежую дозу ила — $47,5 \text{ м}^3$ на 13° ($25^{\circ}-12^{\circ}$), а весь остальной объем метан-танка $452,5 \text{ м}^3$ ($500-47,5$) на $0,5^{\circ}$, что потребует

$$47,5 \times 1000 \times 13 + 452,5 \times 1000 \times 0,5 = 844250 \text{ б. к.}$$

1 м^3 воды, нагретый до 90° , может дать

$$1000 (90 - 25) = 65,000 \text{ б. к.}$$

а с учетом 5% потерь — только $0,95 \times 65000 = 61800 \text{ б. к.}$,
Следовательно, горячей воды потребуется

$$\frac{844250}{61800} = 13,7 \text{ м}^3,$$

что составляет $2,74\%$ от объема метан-танка.

Вода подогревается в особых котлах с использованием газа для подогрева.

В случае устройства водяного отопления нагретая вода внутри метан-танка движется по трубам, расположенным у дна метан-танка, либо у боковых вертикальных стен.

Во втором случае требуется значительно большая поверхность труб для соответствующей теплоотдачи (примерно в $3-5$ раз по Имгофу).

При прокладке труб выше дна бассейна можно считать, что с 1 м^2 боковой поверхности трубы при разности температур в 1° можно получить 150 больших калорий тепла.

Температуру воды в трубах не следует принимать значительно больше чем 60° , так как это ведет к образованию инкрустации на трубах и к уменьшению теплоотдачи.

Диаметр применяемых для этой цели труб $25-62,5 \text{ мм}$. Железные трубы при этом чрезвычайно быстро пропадаются, желательнее потому применение медных труб. Трубы устанавливаются либо в виде змеевиков по стенам, либо в виде батарей, на подобие радиаторов.

Выше мы указали, что для целей интенсификации процессов перегнивания желательнее перемешивание свежего ила с содержимым метан-танка. Это достигается либо циркуляционным перемешиванием центробежными насосами содержимого метан-танка, либо установкой специальных механических мешалок. На рисунке 144 изображена схема циркуляционного перемешивания.

Образцом механической мешалки является вертикальная винтовая мешалка, примененная в метан-танках установки Эссен-Норд (рисунок 145).

Совершает она 750 оборотов в минуту и приводится в действие электромотором в $3,9 \text{ кв}$, посаженным на ту же вертикальную ось и расположенным на перекрытии метан-танка.

Эффект работы этой мешалки следует признать вполне положительным при нагрузке в 250 м^3 объема, перемешиваемого в течение одного часа.

Процессы перегнивания, вернее, их интенсивность, зависят от качества сточной жидкости. Наиболее интенсивно перегнивание происходит в нейтральной или слабо-щелочной среде, при pH в пределах 7,2—7,6 (по данным лаборатории Нью-Джерсей). При падении pH ниже 7,0, что бывает обычно зимою, начинается вспенивание. Вот почему, в случае pH меньше 7,2, рекомендуют прибавление к сточной воде извести.¹

Интересна цифра уменьшения биохимической потребности кислорода в иле после перегнивания (по дан-

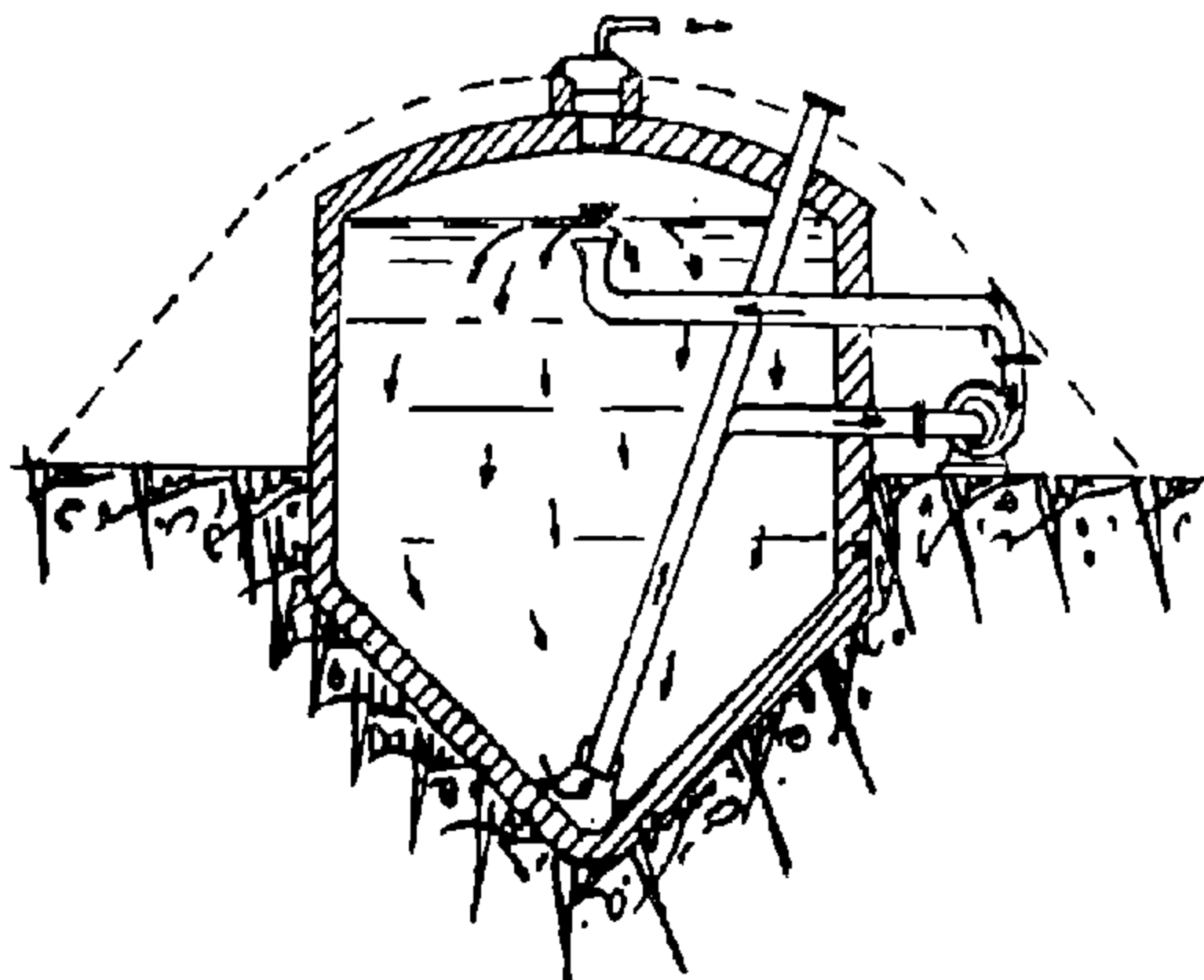


Рис. 144. Схема циркуляционного перемешивания ила.

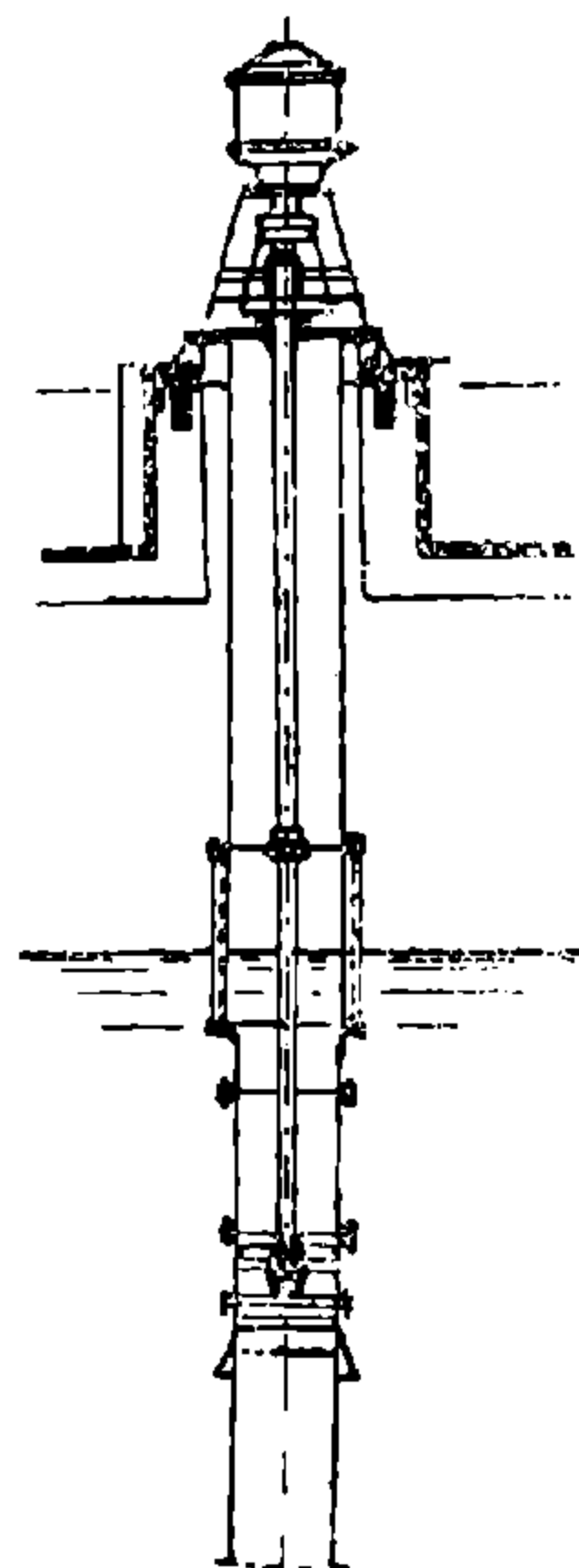


Рис. 145. Мешалка Эссен-Норд.

ным той же лаборатории): если в свежем иле БХПК равно 100000 мг на литр, то в перегнившем иле цифра эта падает до 1500 мг на литр или уменьшается на 98,5%.

§ 39

КОНСТРУКЦИИ МЕТАН-ТЭНКОВ

По конструкции своей метан-тэнки представляют круглые или прямоугольные бассейны с воронкообразным дном.

Высота этих бассейнов доходит до 10 м.

Обычно, метан-тэнки устраиваются из железобетона, но, и как всякое другое канализационное сооружение, могут быть сооружены из кирпича или из местного камня с соответствующей оштукатуркой.

Основные размеры определяются расчетом на основании выше приведенных данных. Расчеты эти ориентировочные и подлежат некоторому уточнению в зависимости от местных условий в каждом отдельном случае.

В качестве примера рассмотрим метан-тэнк старой очистной установки Эссен-Релингаузена (рисунок 146).²

Метан-тэнк круглой формы $D = 9,5$ м, глубина $H = 9,5$ м, общая емкость 515 м³.

Метан-тэнк является догнителем для ила, поступающего из Эмшер-бассейнов. Ил подается в верхнюю часть метан-тэнка. Для подогрева устроена небольшая котельная установка. На чертеже 147 показана фотография

¹ Abwasserversuche in New-Jersey G. Ing. 6-1932.

² Imhoff, Fries und Sierp, Betriebsergebnisse der Schlammbelebungsanlage des Ruhrverbandes in Essen-Rellinghausen, 1927

метан-тэнка с котлом. Водой для подогрева метан-тэнка пользуются из водопровода, причем для подогрева самой воды служит газ, получаемый в метан-тэнке.

Вода нагревается до температуры $60—80^{\circ}\text{C}$ и поступает в метан-тэнк по трубе, служащей для отжима ила, в нижнюю часть метан-тэнка.

Метан-тэнк перекрыт в верхней части его, в центре перекрытия установлен газоуловитель, по периметру перекрытия имеется ряд отверстий, по которым излишек воды поступает в верхнюю часть метан-тэнка.

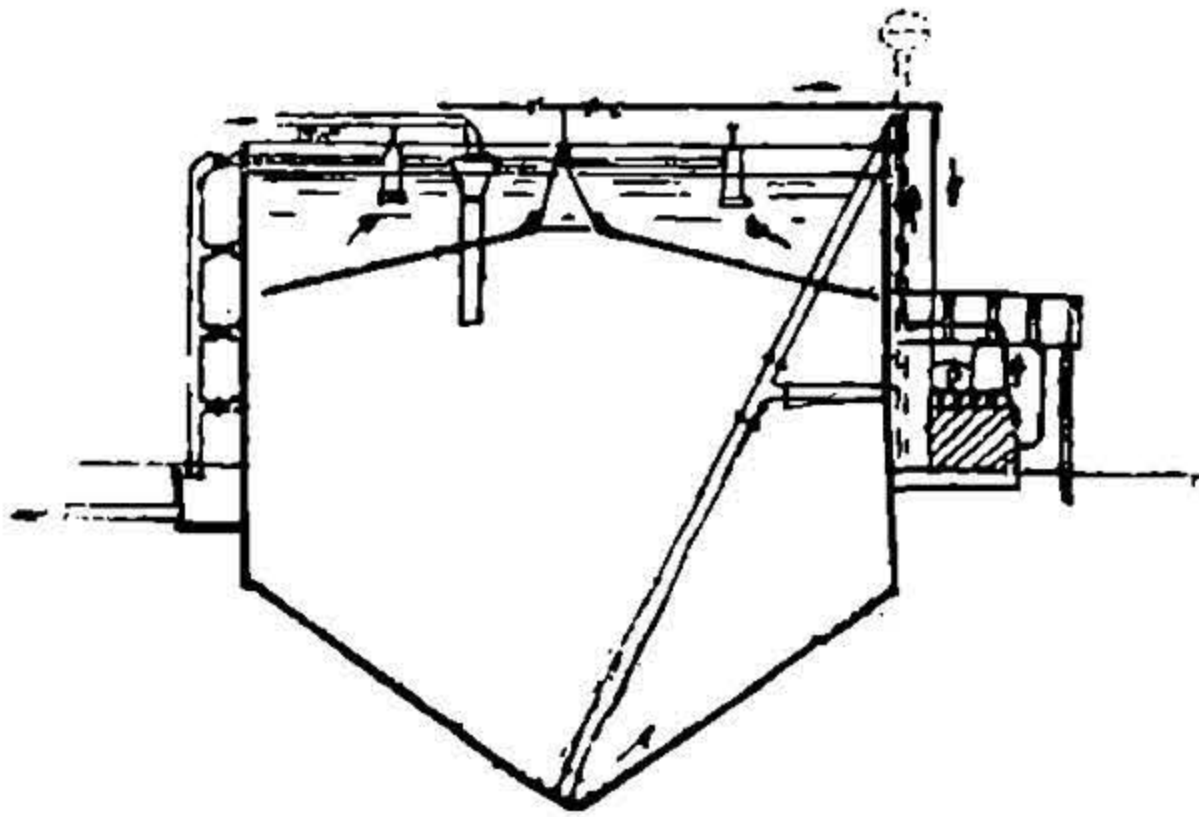
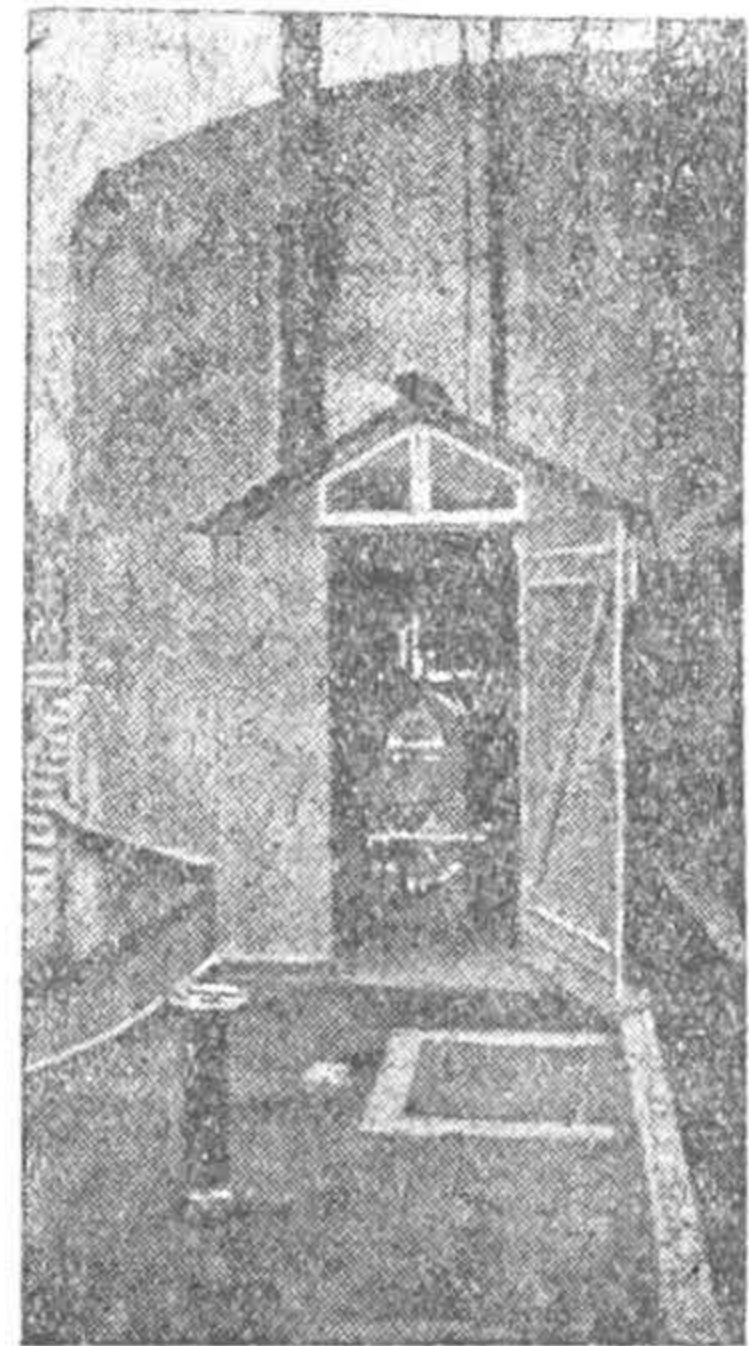


Рис. 146. Схема метан-тэнка г. Эссен-Релингаузен.



147. Метан-тэнк и котельная установка при нем.

Отсюда излишек воды направляется снова в Эмшер-бассейн. Дабы вместе с излишком воды не были бы и плавающие вещества, приемники для излишка воды опущены ниже поверхности воды.

Перегнивший ил отжимается на рядом расположенные иловые площадки. Среднегодовая температура воздуха несколько больше 10°C , опускаясь в зимние месяцы до $+3,0^{\circ}\text{C}$.

Благодаря направлению в метан-тэнк нагретой воды температура в нем поддерживается в 21°C (без подогрева температура держалась в пределах $8—10^{\circ}\text{C}$).

Общая емкость метан-тэнка 515 м^3 .

Для поддержания температуры в 21° приходится добавлять не более 4 м^3 водопроводной воды ежедневно, что меньше 1% от емкости метан-тэнка.

Потеря тепла метан-тэнком незначительна, несмотря на отсутствие теплопроницаемой изоляции со стороны стен и отсутствию какого-то бы ни было перекрытия сверху.

Приспособления для перемешивания содержимого метан-тэнка отсутствуют. Газоотдача 1 кг сухого органического вещества составляет только 45 л, а одного м^3 загнивателя 70 л.

На рисунках 148 и 149 представлен разрез и план метан-тэнка с отстойниками на 25000 жителей в Эссен-Фронгаузен (тип Прусса)¹.

Метан-тэнк с двух сторон защищен от охлаждения отстойниками, температура сточной воды способствует повышению температуры в метан-тэнке. Верхние боковые стенки и перекрытие устроено с прослойками воздуха в тех же целях. Дно изолировано от охлаждающего действия грунтовой воды асфальтом.

Метан-тэнк в Эссен-Фронгаузен является переходным типом от двухъярусных отстойников к отдельно стоящим отстойникам и загнивателям.

На основании исследований в наиболее холодные месяцы (январь и февраль) температура в метан-тэнке такая же, как и в отстойнике.

Ил из отстойников при помощи передвижных труб маммут-насоса ежеднев-

¹ Prüss M., Beschleunigung der Zersetzung in Schlammfaulräumen, 1927

но подается в специальные иловые лотки, устроенные вдоль верхней части метан-танка. Из лотков ил по трубам непосредственно сбрасывается в метан-танк, причем наличие лотков дает возможность направлять ил по жела-

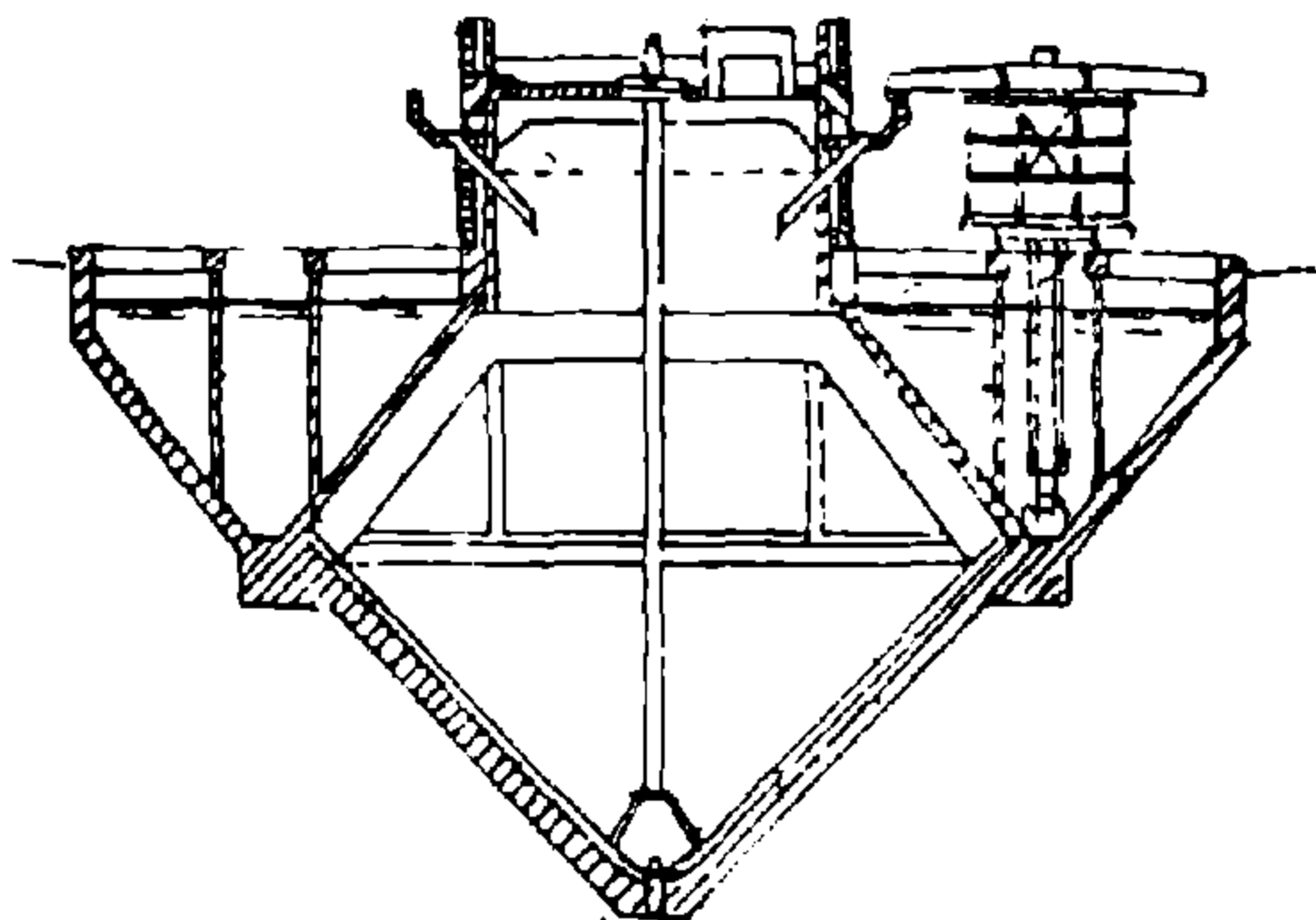


Рис. 148. Метан-танк типа Прюсса. Разрез.

нию в любое место метан-танка, а с другой стороны, в случае осаждения в отстойнике большего количества минеральных или земляных частиц, ил из лотков можно сбрасывать непосредственно на иловые площадки, с целью предупреждения нарушения процесса перегнивания в метан-танке.

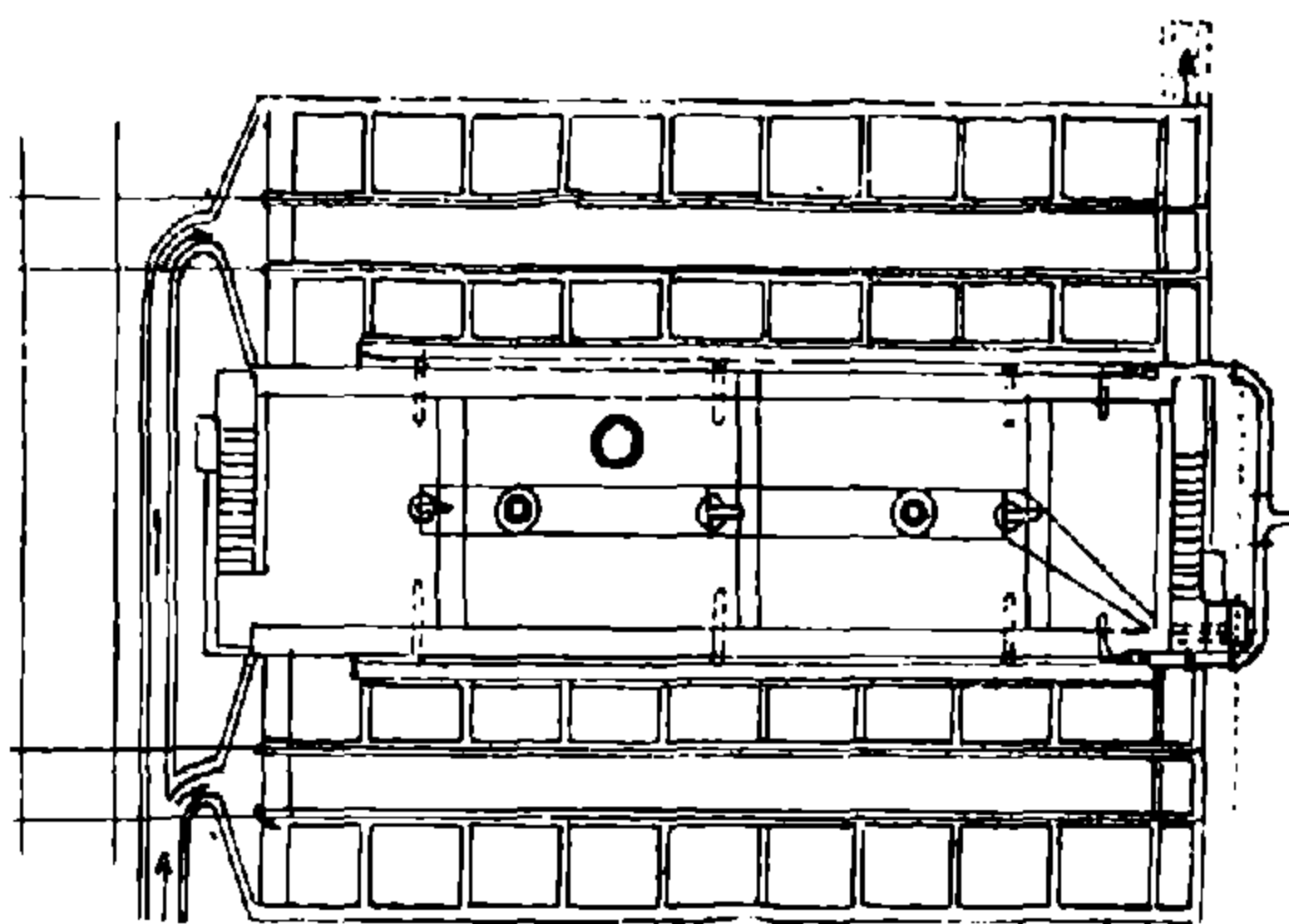


Рис. 149. Метан-танк типа Прюсса. План.

Ежесуточное количество свежего ила 25 м^3 , объем метан-танка 900 м^3 , процент подачи свежего ила 2,8.

Для перемешивания свежего ила с перегнивающим, а также для ликвидации корки установлены две винтовых вертикальных мешалки, работающие в течение двух часов в сутки.

Получающийся газ отводится через установленный на перекрытии метан-танка газоуловитель.

Перегнивший ил по трубам при помощи маммут-насоса отводится для обезвоживания на иловые площадки.

На рисунке 150 изображен наружный вид метан-танка и отстойника с передвижной трубой для подачи свежего ила в метан-танк.

По данным инж. Гузмана работа метан-танка в Эссен-Фронгаузен характеризуется следующими цифрами (таблица 24):

¹ Husmann W., Kritische Betrachtungen zum Wirkungsgrad verschiedener Arten von Faulräumen, 1932

Таблица 24

Наименования	Свежий ил в %	Перегнивший ил в %
А. Состав ила		
1. В сухом иле орган. вещ. минер. вещ.	68,2 31,8	40,7 59,3
2. Сухого вещества	5,6	17,5
Воды	94,4	82,5
Б. Количество ила на одного жителя в сутки в кг	1,00	0,176

Метан-танк того же типа устроен в городе Зоест в Вестфалии, рассчитан он на 25 000 жителей.¹

Отстойники расположены с одной и другой стороны метан-танка. Время

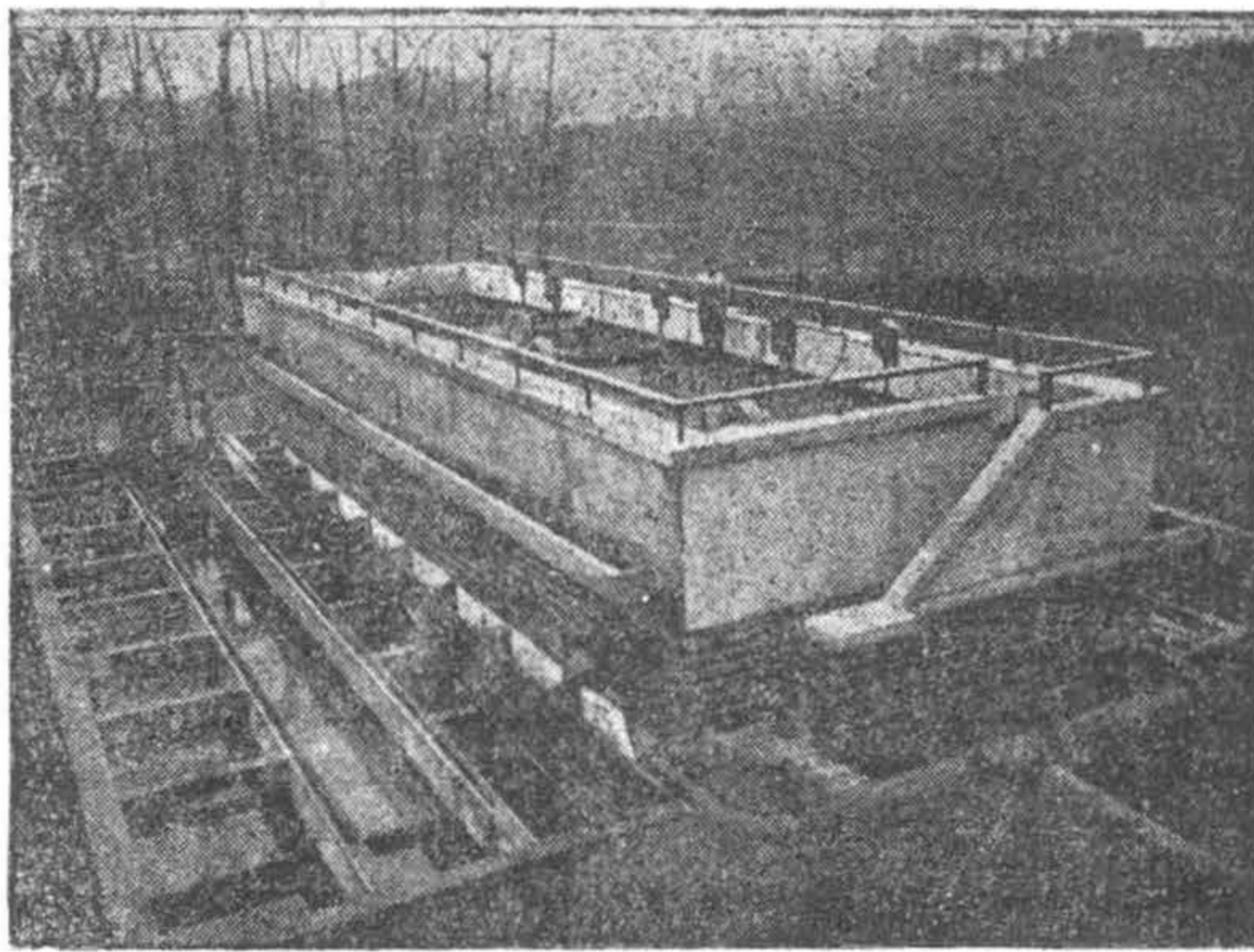


Рис. 150. Метан-танк типа Прусс. Наружный вид.

пребывания сточной воды в отстойнике 1,5 часа, количество ежедневного свежего ила 25 м³.

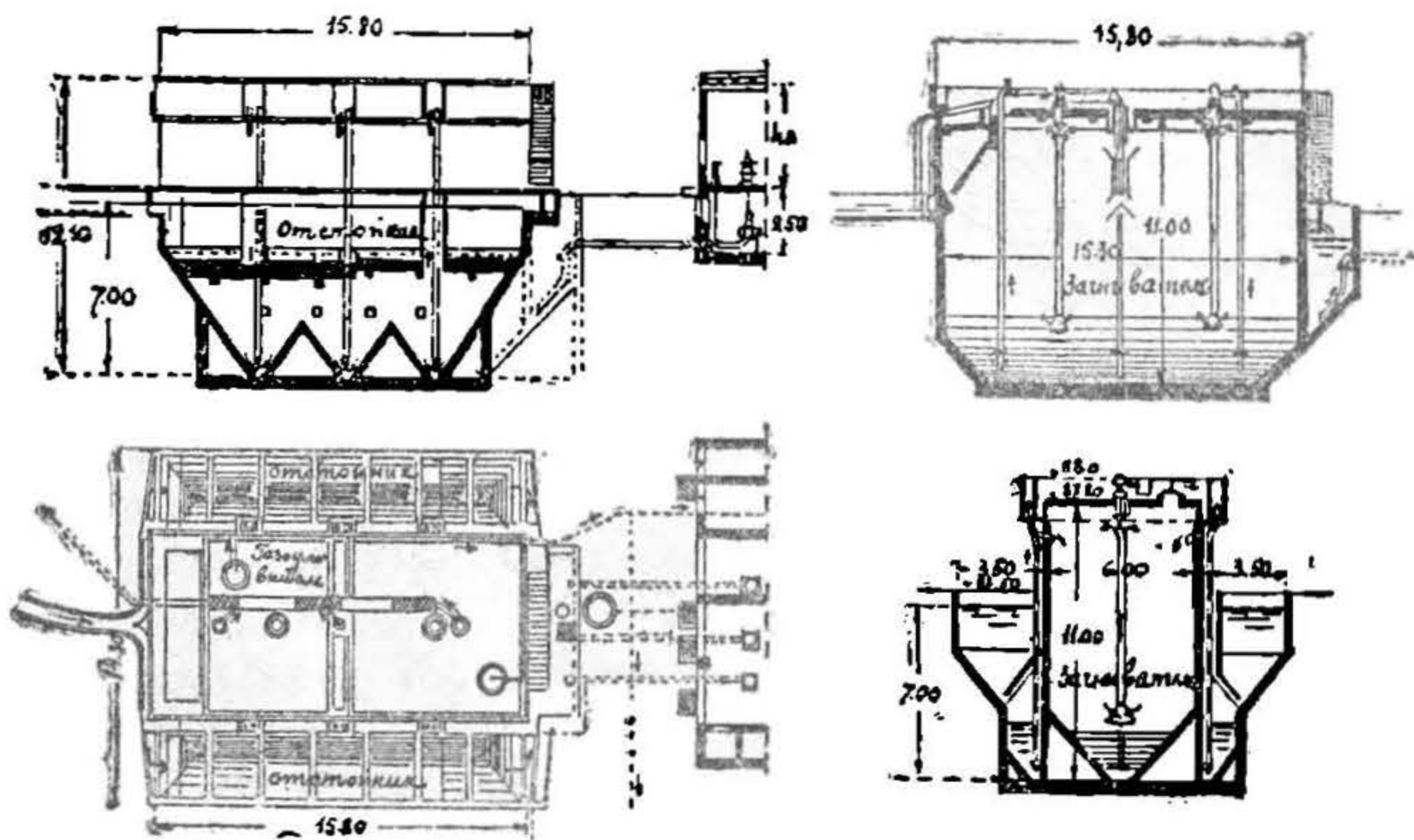


Рис. 15.1 Метан-танк гор. Зоест.

¹ Pruss M. und Blunk H., Die Abwasserbehandlung der Stadt Soest in Westf., 1933

Метан-тэнк прямоугольного типа, длиною 15,80 м, шириною 6,0 м и высотой 11,0 м (рисунок 151).

Средняя годовая температура в загнивателе 20°, поддерживаемая искусственным отоплением. Время перегнивания ила 65 дней (цифра преувеличена), соответствующий объемный коэффициент 30. Полезная емкость загнивателя $25 \times 30 = 750 \text{ м}^3$.

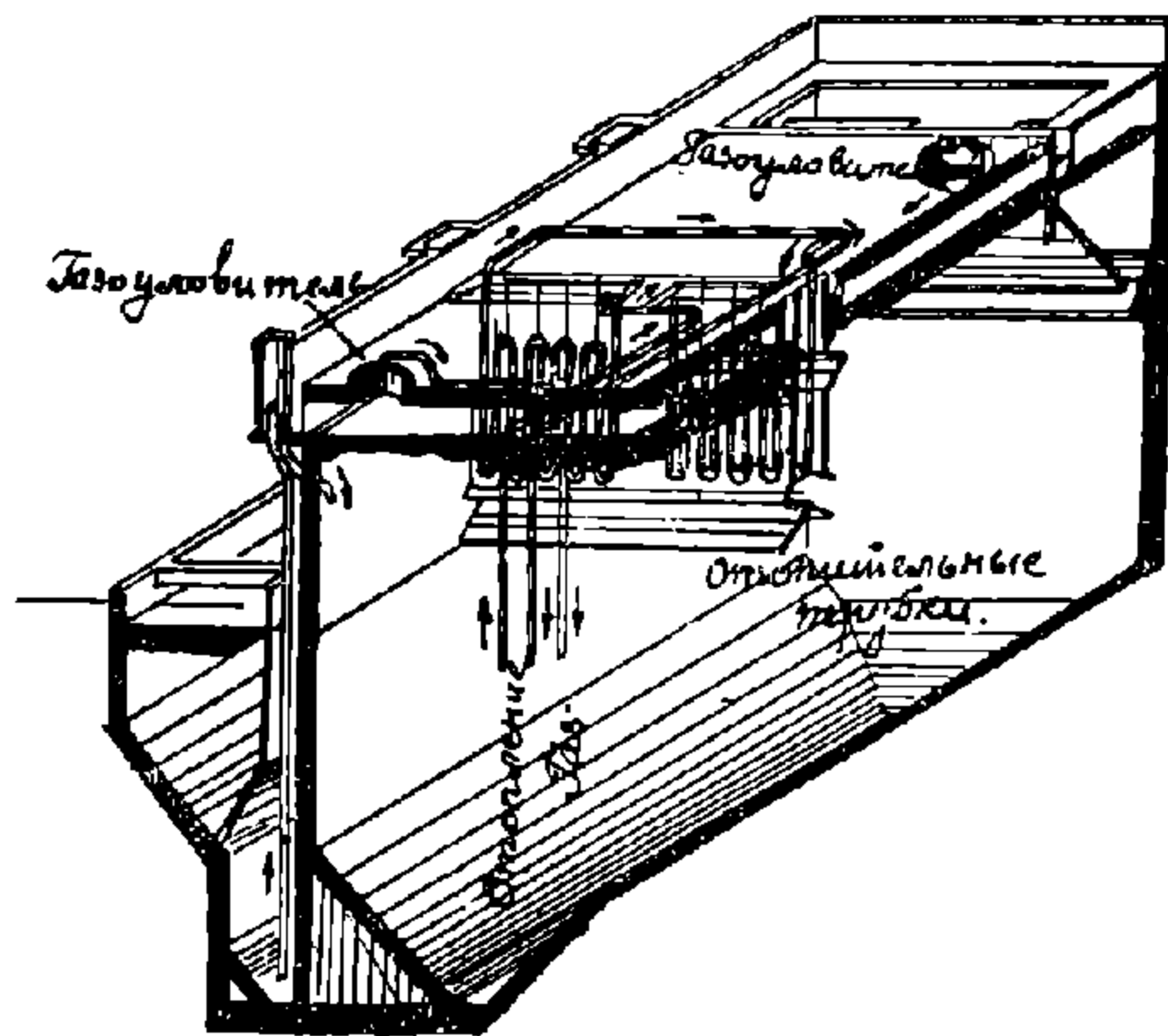


Рис. 152. Отопление метан-тэнка гор. Зоест.

В каждый из отстойников спущено по три трубы для перекачки ила в метан-тэнк. Ил при помощи пневматического оборудования подается в расположенные вдоль метан-тэнка лотки.

Эти лотки помимо выравнивания количества и качества ила, как об этом указано при описании установки Эссен-Фронгаузен, так же освобождают ил от излишнего воздуха, могущего привести к взрывам в загнивателе (метан-тэнке).

Ил из лотков по трубам самотеком поступает в метан-тэнк.

Для перемешивания ила установлены две вертикальные винтовые мешалки. Изменением направления вращения мешалок можно

менять направление движения ила (снизу вверх или наоборот).

Перегнивший ил оседает на воронкообразном днище отстойника, откуда он и удаляется по трем, вертикально установленным трубам.

При поступлении свежих порций ила излишек воды из метан-тэнков удаляется в отстойник через сливную трубу.

Во избежание попадания в сливную трубу осадков, труба берет начало в особой камере, соединенной с метан-тэнком в нижней его части. Попавший в камеру ил оседает в ней и уходит в метан-тэнк.

Средняя температура метан-тэнка, как указано выше, принята 20° С. Так как в зимнее время температура в метан-тэнке падает до 8°, то требуется искусственное отопление метан-тэнка.

Подогрев ила осуществлен через трубки-радиаторы, подвешенные в верхней части метан-тэнка. Отопление метан-тэнка нагретой струей воды не желательно (Прюсс и Блунк), так как струя воды способствует вынесению органических веществ из метан-тэнка.¹

Трубки подвешены в верхней части, в виде отдельных батарей для удобства снятия их для осмотра и ремонта. Наличие вертикального перемешивания обеспечивает при этом равномерный подогрев всего метан-тэнка. На чертеже 152 показана установка отопления.

Боковая поверхность труб определена из расчета потребности тепла в 53 000 б. кал. в час в течение 16 часов в сутки (на компенсацию охлаждения метан-тэнка 176 000 б. к. и на подогрев вновь поступающего свежего ила 680 000 б. к., а всего $856 000 \text{ б. к.}$, а в час $856 000 : 16 = 53 000 \text{ б. к.}$ — цифры даны для зимнего времени).

Отдача тепла с 1 м² боковой поверхности трубок радиаторов, как указано уже было выше, 150 б. к. в час.

При разности температур в 30°, боковая поверхность труб равна $\frac{53000}{150 \times 30} = 12 \text{ м}^2$; трубки установлены в 57,5 и 63,5 мм, боковая поверхность

¹ Prüss M. und Blunc H., Die Abwasserbehandlung der Stadt Soest in Westf., 1933

одного погонного метра трубок $0,2 \text{ м}^2$, следовательно, длина трубок равна $\frac{12}{0,2} = 60 \text{ пог. м.}$

Для обслуживания системы водяного отопления установлен насос с производительностью в $2,5 \text{ м}^3$ в час при потребности в $1,4 \text{ м}^3$ в час. Мощность мотора = $0,2 \text{ л. с.}$

Теплотворная способность газа 5000 б. к.

Газоотдача около 20 л на человека в сутки.

Метан-тэнк в городе Магдебурге на Эльбе представляет собою отдельностоящий бассейн длиной в 55 м , шириною в 9 м и глубиною в 10 м , разделенный на две части.¹ Расположен он лишь частично в выемке (рисунок 153). Метан-тэнк не углублен в землю в виду наличия близко к поверхности земли грунтовых вод, осложняющих строительство.

Кроме того, грунтовые воды, обтекая метан-тэнк, значительно охлаждали бы его, что не благоприятствовало бы процессам перегнивания ила. С целью утепления метан-тэнка надземная часть его окружена земляной насыпью.

Полезная емкость метан-тэнка 3000 м^3 , определена она из расчета по 10 л объема на обслуживаемого жителя. В метан-тэнк в Магдебурге на-

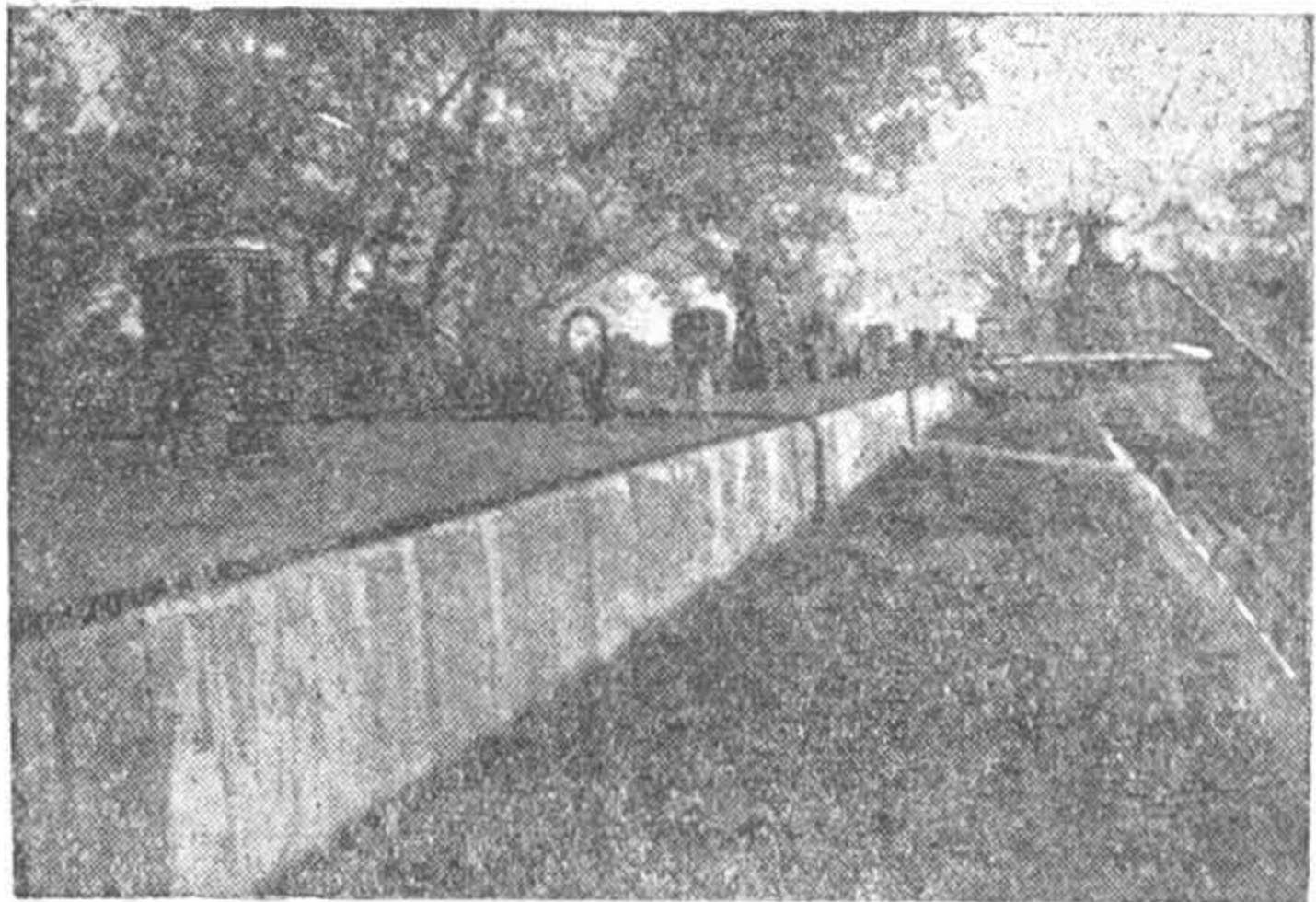


Рис. 153. Метан-тэнк гор. Магдебурга.

правляются лишь удержанные на ситах Ринша, с прозорами в $1,5 \text{ мм}$, отбросы. Эти отбросы отличаются от обычно направляемых в метан-тэнки взвешенных веществ почти полным отсутствием в них коллоидальных частиц. Наличие же последних благоприятствует процессам перегнивания.

Задержанные на ситах Ринша отбросы направляются по экскаваторам в особые котлы, емкостью каждый в 10 м^3 . Котлов два, наполняются они попеременно. По наполнении котла отбросами и прибавлении к ним некоторого количества воды для возможности транспортировки отбросов по трубам, последние подаются в метан-тэнк, находящийся на расстоянии 125 м от здания сит Ринша.

Диаметр трубопровода 175 мм . Передача отбросов производится сжатым воздухом, подаваемым поршневым компрессором, производительностью $225 \text{ м}^3/\text{час}$.

Компрессор приводится в движение электромотором переменного тока мощностью в 30 кв , давление 6 атм . Потребное давление обычно не превосходит $2,7 - 3,0 \text{ атм}$, редко доходит до 5 атм .

Отбросы не подаются непосредственно в метан-тэнк, а поступают в особый, выше расположенный, бассейн. Сделано это с целью избежания взрыва, так как известно, что метан взрывается в смеси с воздухом. По двум трубам, идущим из этого бассейна в обе части метан-тэнка и перекрываемым шиберами, отбросы направляются в метан-тэнк (рисунок 154).

Излишек воды при этом из метан-тэнка по двум водосливам, расположенным в конце каждой части метан-тэнка, изливается и направляется вместе с перегнившим илом на иловые площадки.

Отбросы свежие, поступающие в метан-тэнки, благодаря сжатию воздухом уплотняются и образуют сплошную корку. Следует их перемешать со всей массой находящихся в метан-тэнке перегнивших отбросов (ила). Для этой цели метан-тэнк снабжен шестью винтовыми мешалками по 3 на каждую

¹ Strümpfel, Die Abwasserbeseltigung der Stadt Magdeburg, 1932

половину, приводимыми в движение от электромоторов, посаженных с ними на одной оси и расположенных на перекрытии метан-танка (рисунок 155). Винтовые пропеллеры совершают по 960 оборотов в минуту и достаточна

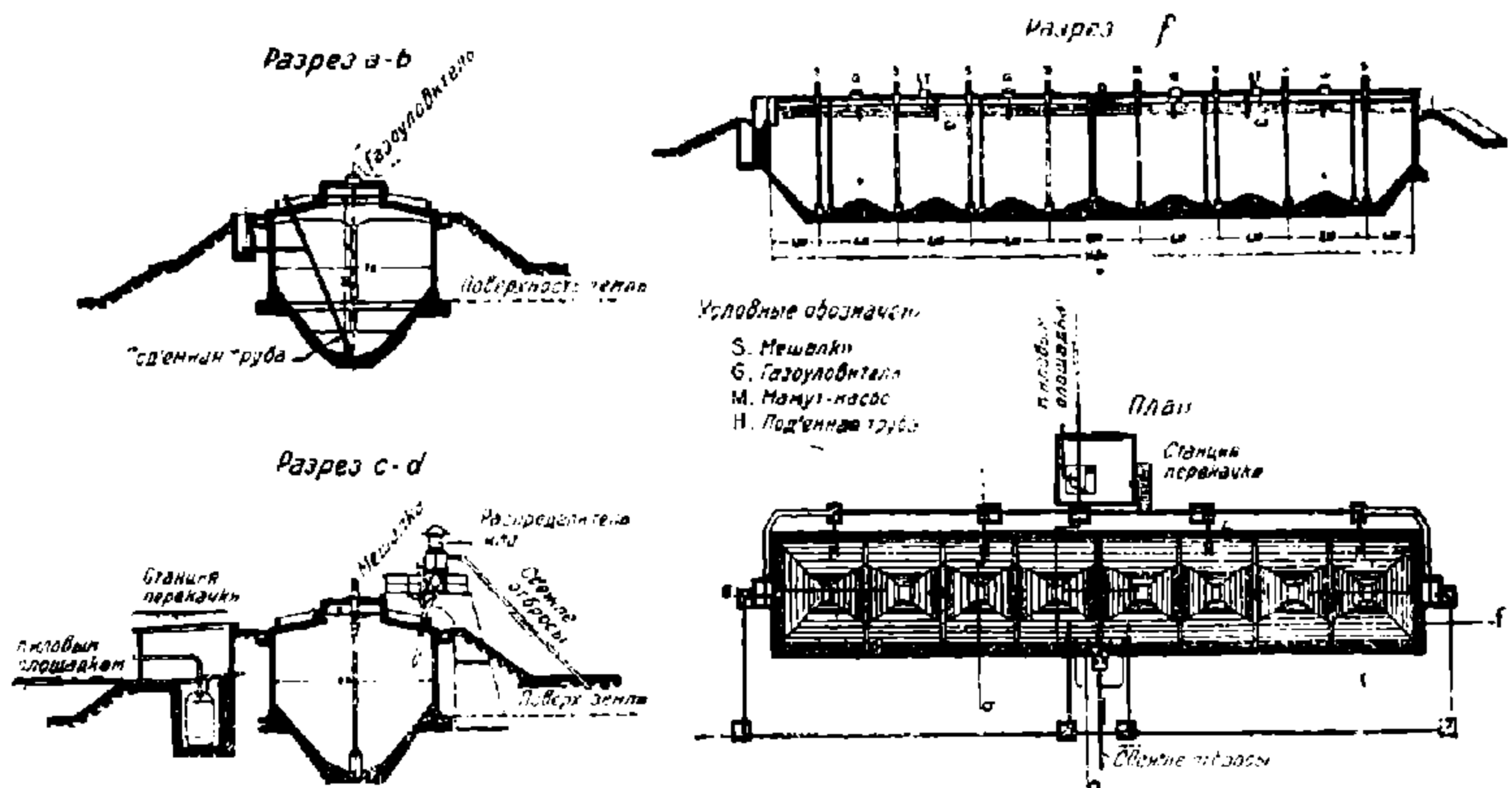


Рис. 154. Метан-танк гор. Магдебурга (план и разрезы).

работа 3-4 из них в течение $1\frac{1}{2}$ —2 часов, чтобы все содержимое метан-танка перемешать.

Мощность электромоторов различна: ближайших к месту впуска свежих отбросов — 10 сил, следующих — 7,5 сил, а крайних — 5 сил.

Перегнивший ил по 4-м трубам, опущенным в нижнюю часть метан-танка, выдавливается в особый трубопровод, из которого ил через особые котлы направляется для обезвоживания на иловые площадки.

Для поддержания оптимальной температуры, необходимой для жизнедеятельности бактерий, приходится добавлять в метан-танк некоторое количество горячей воды. Вода нагревается до температуры в $50-60^\circ$. Подогрев метан-танка требуется лишь в течение 60 дней в году, когда температура воздуха колеблется в пределах от 0° и до $+5^\circ$, температура в метан-танке в это время благодаря подогреву доходит до 18° , в остальное же время она держится около 21° .

Над метан-танком установлено 8 газоуловителей, из которых газ по 80 мм газопроводу направляется в газгольдер, емкостью в 100 м^3 . Газгольдер представляет собою железный, наполненный водою бассейн, диаметром в 6,30 м. Давление газа около 50 мм водяного столба. Газ используется для топки двух котлов.

Теплотворная способность газа колеблется в пределах 5800—6000 больших калорий.

Состав газа:

- 22% — углекислота (CO_2) и сероводород (H_2S),
- 1,2% — тяжелые углеводы,
- 2,5% — кислород,
- 50,8% — метан (CH_4),
- 13,4% — азот (N).

Установка пущена в работу осенью 1929 года.

В начале ноября пришлось прибавить около 2000 кг извести для создания соответствующих условий и с этого времени рН держится в пределах 7,0—7,2.

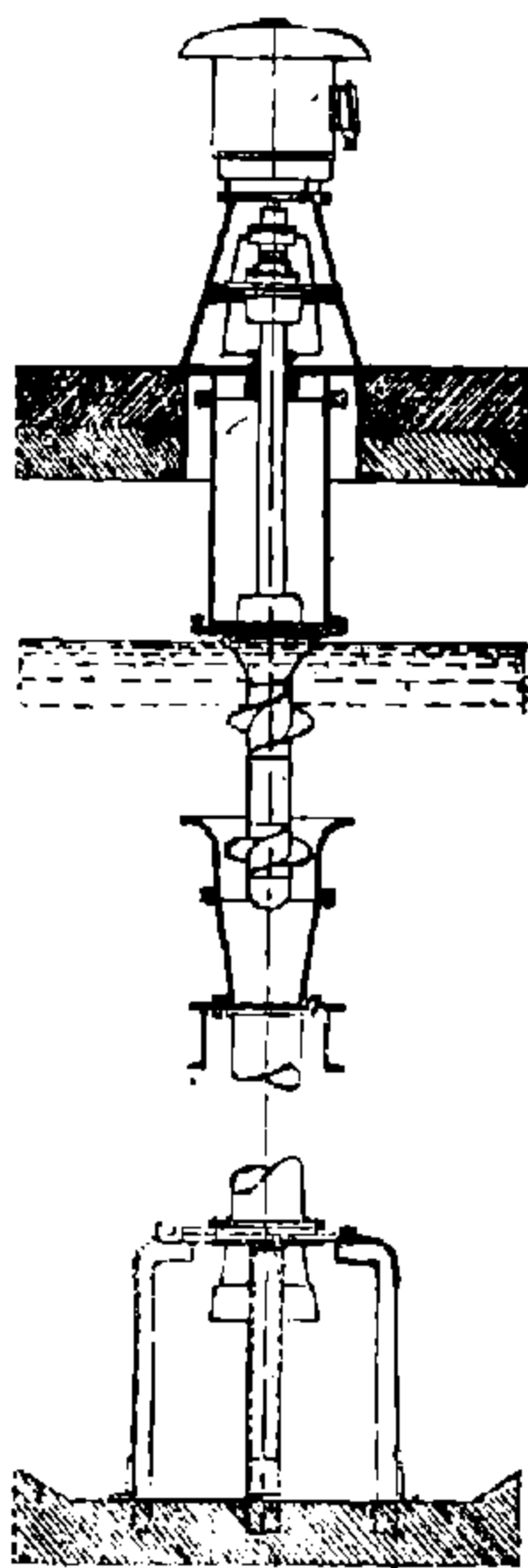


Рис. 155. Винтовая мешалка метан-танка гор. Магдебург.

НБ
УДУНТ
(ДИТ)

Перегнившийся ил очень хорошо подсушивается на иловых площадках и по сравнению со свежим илом (отбросами) содержит лишь 40-55% органических веществ. Подсушенный ил используется Садовым Управлением города для удобрений.

Стоимость метан-тэнка с оборудованием для подачи свежих отбросов и для отвода перегнившего ила, включая и устройства для сбора газа, определяется цифрой в 245 000 золотых марок.

Метан-тэнок обслуживает 300 000 человек при средне-суточном расходе в 780 л/сек.

Метан-тэнок Московского типа¹. Свежий осадок из вертикальных отстойников, со дна их, по трубе $D=250$ мм поступает в так называемую камеру впуска. Объем каждой камеры впуска равен 9-10% объема одного метан-тэнка. Каждая камера впуска обслуживает поочередно 4 метан-тэнка.

После замера осадка в камере впуска, ил по трубам $D=200$ мм направляется в метан-тэнок, квадратную в плане камеру с днищем, разделенным на две части, каждая из которых представляет усеченную опрокинутую пирамиду. Днище устроено из двух частей в целях удобства эксплуатации — в одну часть подается свежий осадок, из другой удаляется перегнившийся.

На рисунках 156 и 157 изображены план и разрез одного из метан-тэнков.

Метан-тэнок имеет в плане размеры $11,6 \times 11,6$ м². Общая высота его до перекрытий 7,00 м. Перекрытие, как и сам метан-тэнок, железобетонное. Для газонепроницаемости перекрытие покрыто слоем воды до 1,0 м. Газоуловители, в виде металлических колпаков, установлены в количестве 4 штук над каждым из отделений метан-тэнка.

Перегнившийся осадок по трубам через камеры впуска направляется на иловые площадки для подсушивания (трубы для впуска и выпуска осадка одни и те же).

Назначение камер впуска и выпуска — точно замерять (а камеры впуска — и накапливать) объем поступающего свежего ила в метан-тэнок и объем удаляемого из метан-тэнка перегнившего ила. Очевидно, полезная емкость камеры впуска должна быть равна суточной норме загрузки одного метан-тэнка, а камеры выпуска — только половине объема камеры впуска, так как около 50% ила в метан-тэнке должно газифицироваться и ликвидироваться.

Особо следует обратить внимание на расположение по высоте камер впуска и выпуска. Ил из камеры впуска должен самотеком направляться в метан-тэнок, для чего необходимо, чтобы днище камеры впуска было бы по крайней мере на 0,8 м выше отметки воды над рабочим перекрытием метан-тэнка. Исходя из этих же соображений, камера выпуска должна быть расположена ниже отметки воды в метан-тэнке на столько, чтобы при заполнении камеры выпуска перегнившим илом из метан-тэнка оставался бы свободный

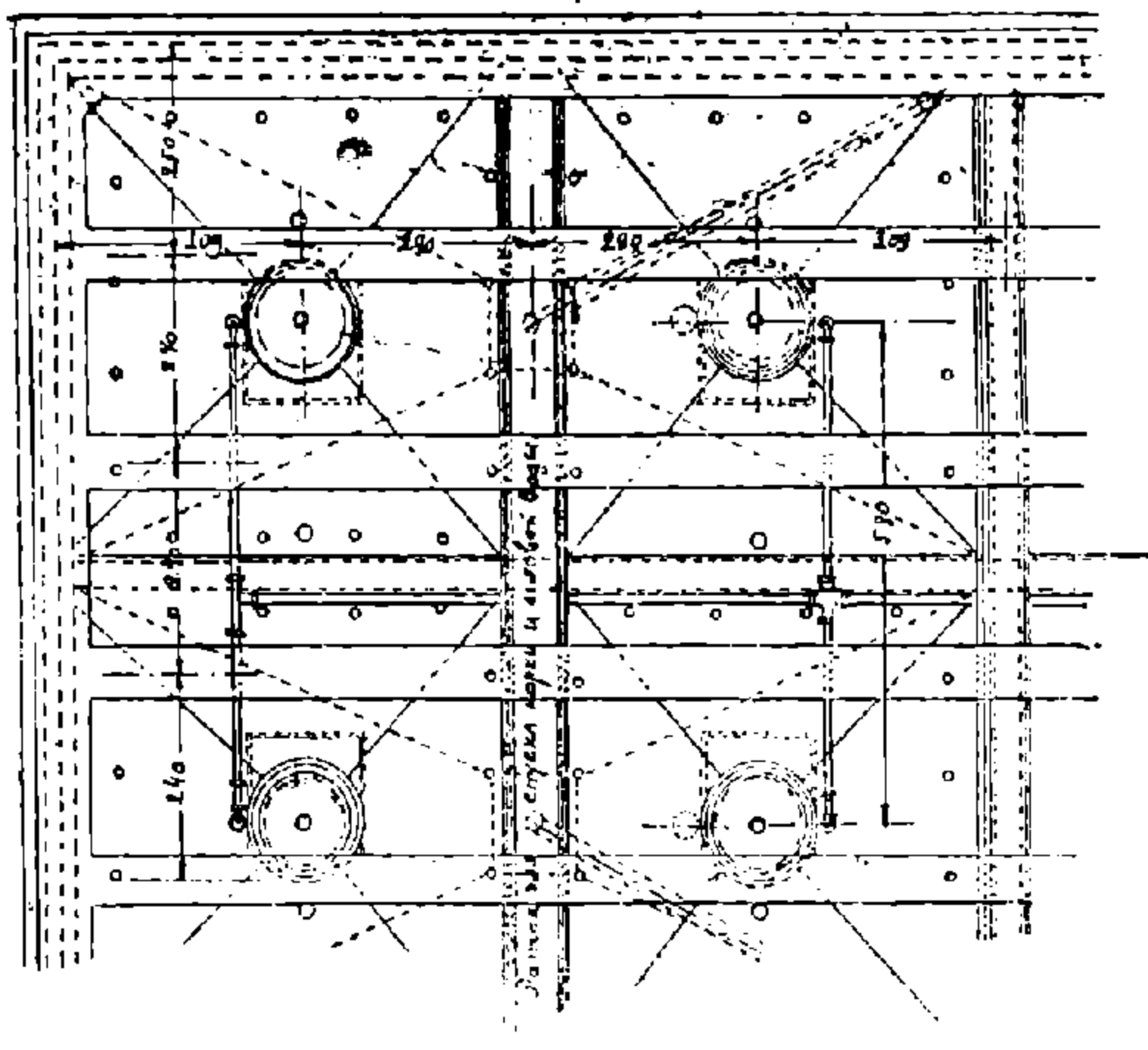


Рис. 156. Метан-тэнок Московского типа. План.

¹ Цекобанк, выпуск 5, Наружная канализация, 1932

напор в 0,7—0,8 м. Целесообразно камеры впуска и выпуска располагать одну над другой. Средняя полезная глубина камеры впуска 1,2—1,8 м, а камеры выпуска 0,75—1,0 м.

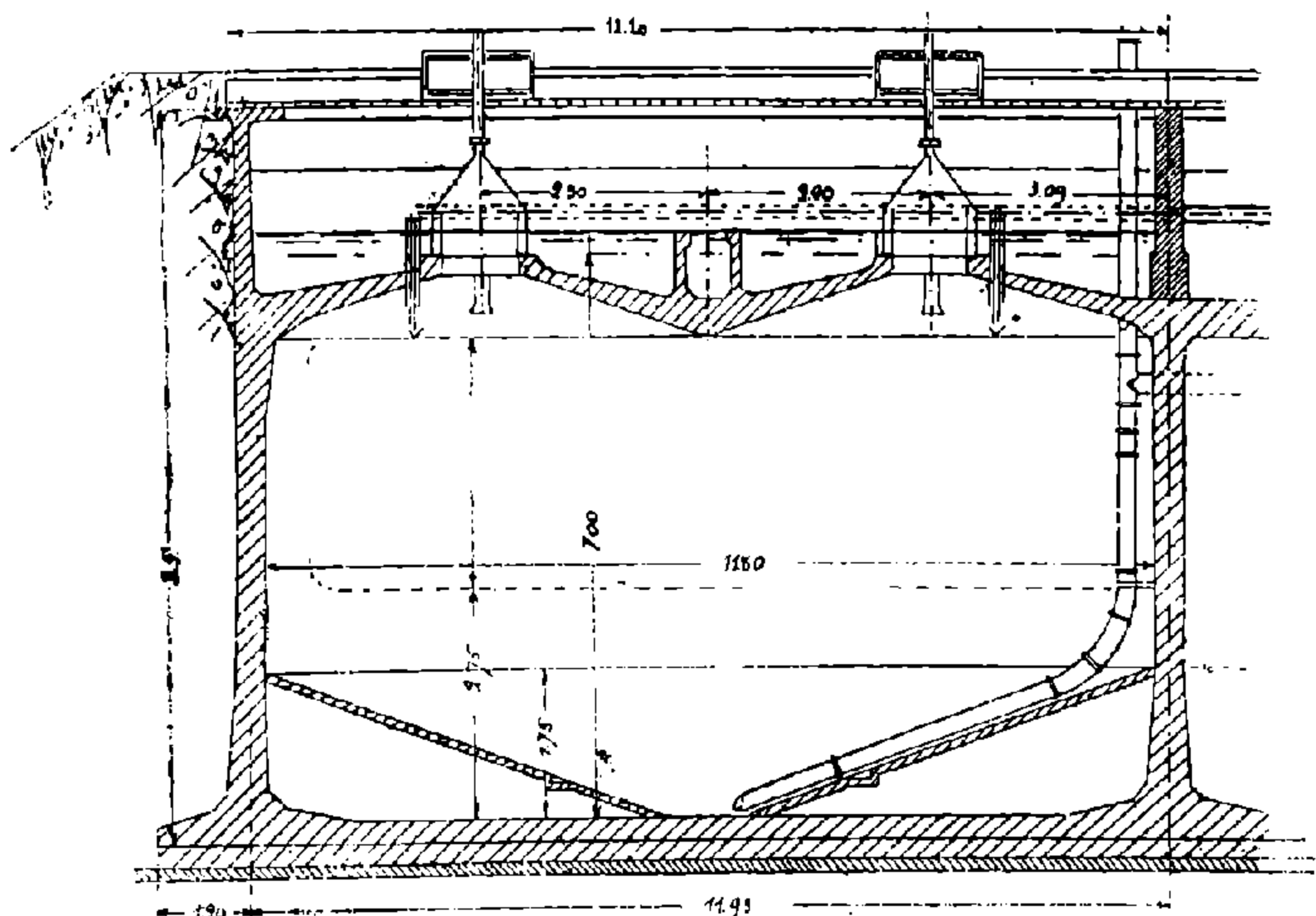


Рис. 157. Метан-тэнк Московского типа. Разрез.

Перегнивший осадок содержит воды столько же, сколько и свежий ил, т. е. 93—95%.

Перемешивание ила производится центробежным насосом, путем выкачивания перегнившего ила со дна и подачи его в верхнюю часть метан-тэнка, где труба заканчивается разбрызгивателем, получающиеся при этом струйки препятствуют образованию плавающей корки.

В перекрытии метан-тэнка имеются отверстия, через которые должны проникать вверх легко-всплывающие и трудно сбрасываемые частицы ила. Эти частицы на свободной поверхности уровня жидкости в метан-тэнке образуют легкую пленку, которая подлежит удалению на иловые площадки вместе с избытком иловой воды (за счет поступления свежего ила). Для отвода пленки и излишка воды устроены лотки.

Температура в метан-тэнке искусственно поддерживается в пределах 20—25° С путем подачи горячей воды, нагретой до 85° С.

Суточный объем добавки горячей воды должен быть:

1. В случае нагрева иловой массы до $t = 20^{\circ}\text{C}$ и норме суточной нагрузки, равной 5-6%, около 2% от рабочего объема метан-тэнка.

2. В случае нагрева иловой массы до $t = 25^{\circ}\text{C}$ и норме суточной нагрузки, равной 10% — около 5% от рабочего объема метан-тэнка.

По данным Кожуховской станции аэрации вода эта прибавляется в течение суток три раза.

По данным С. Н. Строганова газоотдача составляет 335 м³ на 1 м³ подлежащего перегниванию ила (очевидно, в пересчете на 1 м³ сухого вещества).

На существующих московских установках получаемый газ используется, калорийность его 6500 б. к. при составе: CH₄ — 65-72%, CO₂ около 30%.

На рисунке 158, заимствованном нами из Альбома Цекомбанка, показан тип круглого метан-тэнка системы Дорра.

Диаметр метан-тэнка 15,24 м, высота его 7,32 м. Подогрев ила производится горячей водой, циркулирующей по трубам (змеевикам), прикрепленным к стенам. Перемешивание ила производится подвешенными к верхнему вращающемуся рычагу зубьями. Удаление перегнившего ила производится подачей его к центру метан-тэнка скребками, подвешенными к нижнему вра-

щающемся рычагу. Ось вращения общая, скорость вращения 1 оборот в 25 минут.

На рисунке 159 дана фотография Мюнхенского метан-танка, вернее его перекрытия, впрямь до пуска метан-танка в работу.

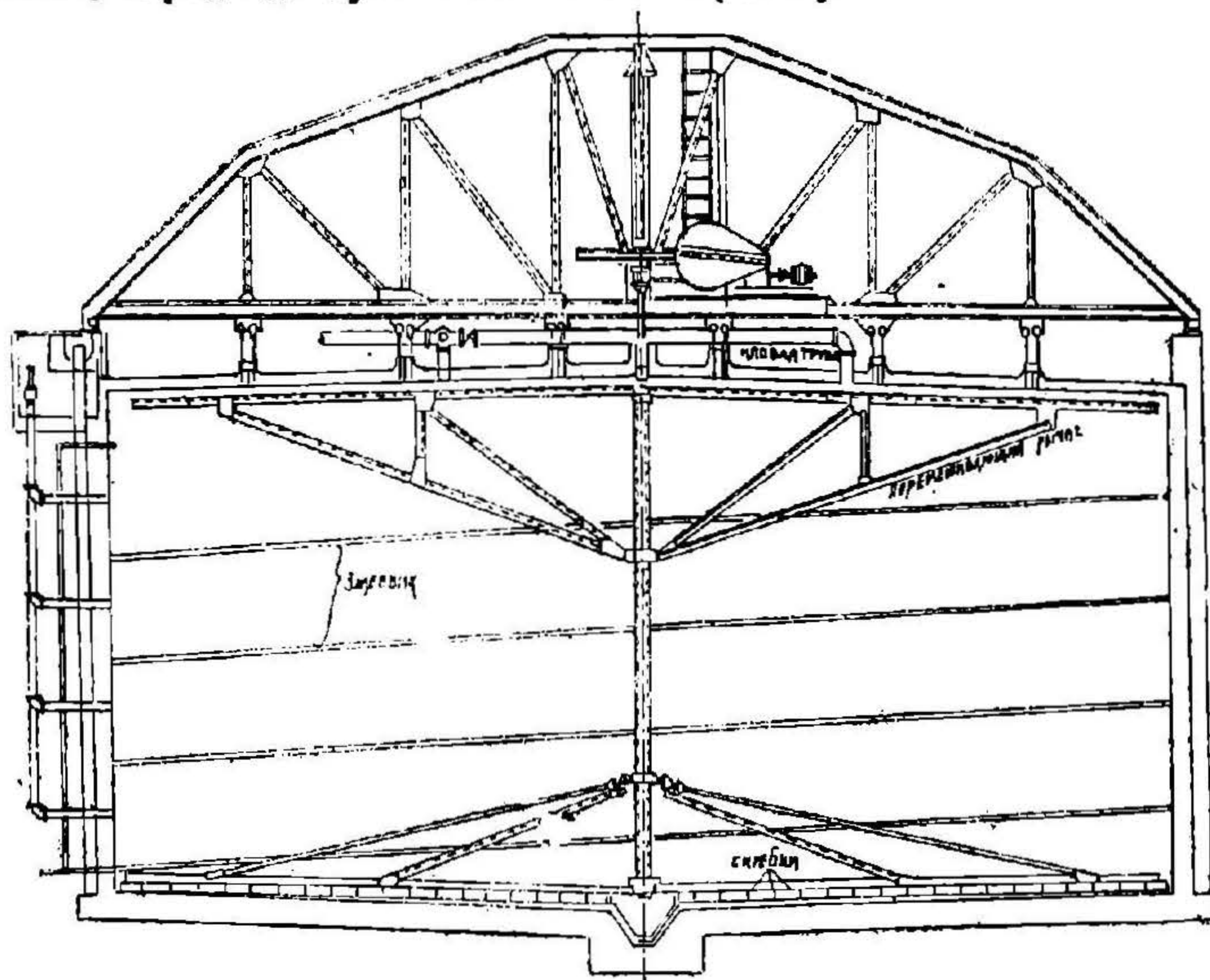


Рис. 158. Круглый метан-танк системы Дорр.

В связи с тем, что при выпуске ила из метан-танка в последнем создается вакуум, в результате чего в него может попасть воздух, а это связано с опасностью взрыва, фирма Ames Crosta Mills, Heyword and London за-

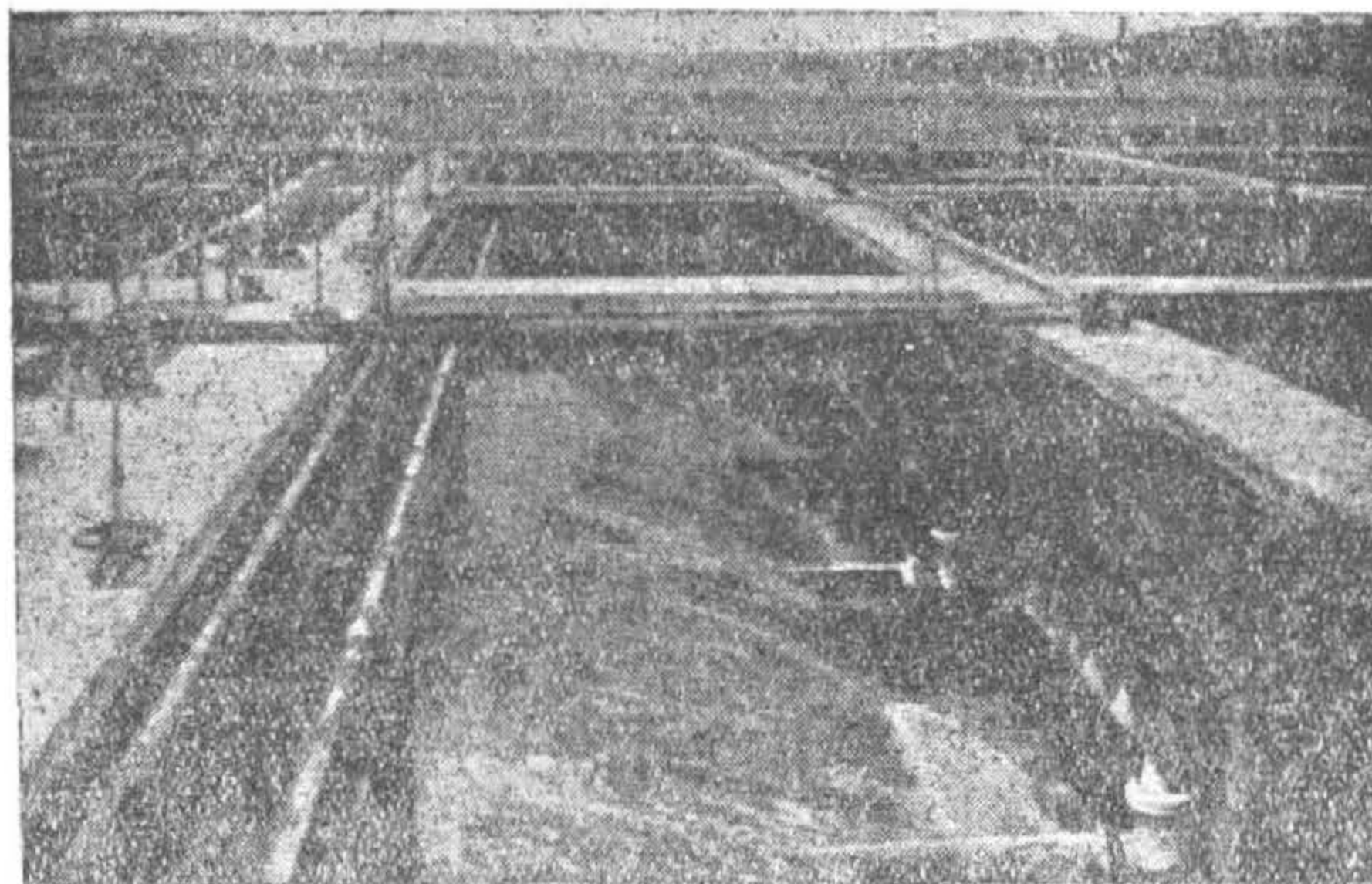


Рис. 159. Метан-танк гор. Мюнхена.

проектировала для города Дагенам два метан-танка с плавающим перекрытием¹. Схематический разрез метан-танка изображен на рисунке 160.

Емкость каждого из метан-танков 2830 м^3 из расчета 57 л на жителя. Метан-танки круглые, диаметром 18,3 м и глубиной 16,75 м. В метан-танк поступает смесь ила из предварительных и вторичных (после аэрации) от-

¹ Simplex sludge digestors. The Surveyor, 1934.

стойников. На подвижном плавающем перекрытии установлена винтовая мешалка. Для подогрева метан-тэнка часть содержимого его центробежными насосами подается в особые нагревательные камеры, в последних ил нагревается до 49°C . Нагретый ил поступает в нижнюю часть метан-тэнка. Температура в метан-тэнке поддерживается в 27°C .

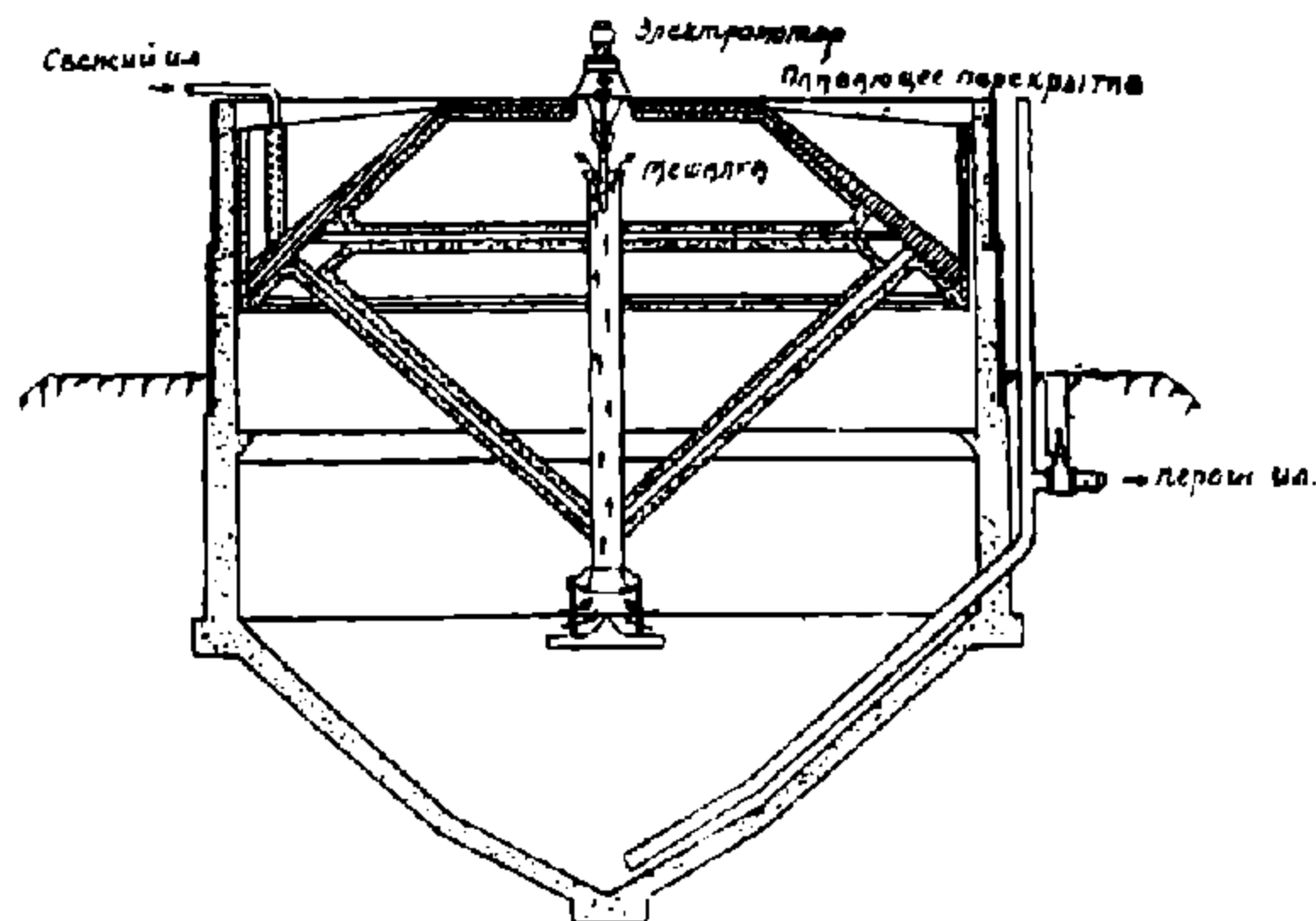


Рис. 160. Метан-тэнка гор. Дагеном.

Так как установка новая, то вопрос газоотдачи еще не освещен. Стоимость метан-тэнков определяется цифрой в 1,5—2,5 руб. на жителя, пользующегося канализацией, или в 10—15 руб. на 1 м^3 сточной воды в сутки.

ОБЕЗВОЖИВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЛА

§ 40

ИЛОВЫЕ ПЛОЩАДКИ. КОНСТРУКЦИЯ ИХ

Ил, получающийся в результате работы отстойных бассейнов различных конструкций, подлежит дальнейшей обработке с целью обезвреживания его и возможного использования, главным образом, в сельско-хозяйственных целях.

Наиболее рациональный метод обезвреживания ила, как это выяснено выше, это перегнивание его в загнивательных камерах с использованием получающегося при этом газа.

Ил в свежем, неперегнившем состоянии нецелесообразно использовать для сельскохозяйственного назначения, так как органический азот, находящийся в большом количестве в иле, не может быть усвоен растениями впрямь до его минерализации, кроме того, применение свежего ила имеет целый ряд недостатков.

Имгоф так резюмирует отрицательные стороны применения ила в сельском хозяйстве в виде удобрения в свежем, неперегнившем виде.

1. Свежий ил содержит воды в четыре раза больше, чем перегнивший (95% влаги и 80% влаги), что вызывает потребность в излишней транспортировке ила по объему.

2. Свежий ил, несмотря на большое содержание воды в нем, хуже перекачивается, чем перегнивший.

3. Свежий ил издает неприятный запах при перекачивании его, просушке и использовании.

4. Свежий ил, будучи использован для удобрения, закупоривает поры грунта и лишает растения потребного их корням воздуха.

5. Будучи в обезвоженном виде доставленным на поле, он образует комья, которые с трудом разбиваются.

6. Свежий ил ведет к засорению полей сорной растительностью.

7. Свежий ил не безопасен с точки зрения санитарно-гигиенической, так как содержит болезнетворные бактерии.

Изложенное говорит о необходимости и целесообразности предварительного перегнивания ила в двухъярусных отстойниках либо в метан-танках.

Использование перегнившего ила требует его транспортировки к месту использования, для какой цели в большинстве случаев необходимо перегнивший ил предварительно обезводить.

Наиболее простым и распространенным методом обезвоживания перегнившего ила является устройство иловых площадок.

Простейшим типом иловой площадки являлись иловые пруды, особенно широко применявшиеся в Англии. Иловый пруд представляет собою плоский земляной отстойник, куда направлялся свежий ил, там он перегнивал, а затем и обезвоживался.

Такие пруды очищались обычно вручную и представляли чрезвычайно неприятную картину из-за резкого запаха гниения, разносившегося с такого пруда, и стока неочищенной воды, выделяемой илом с пруда.

При перегнившем иле иловые пруды применяются лишь в зимнее время, когда вследствие температурных условий обезвоживания ила на иловых площадках, о коих речь будет ниже, не происходит, и ил, замерзая, накапливается в большом количестве.

Современные иловые площадки представляют собою ряд бассейнов небольшой глубины, снабженных фильтрующим материалом, под которым находится водонепроницаемое основание с уложенным в пределах его дренажем, для отвода дренирующейся воды.

Основание обычно устраивается из тощего бетона либо из кирпича на ребро, покрытого сверху тонким слоем штукатурки, общей толщиной 10 — 15 см.

Бетонное или кирпичное основание возможно устроить лишь при плотных грунтах (глинистых); учитывая их малую водопроницаемость, возможно обойтись и без искусственного основания, особенно при временных сооружениях и отсутствии опасности в загрязнении грунтовых вод дренирующимися водами с иловой площадки.

Фильтрующий материал берется различной крупности, сверху обычно песок слоем до 10 см, за ним слой гравия или мелкого шлака толщиной 5 — 10 см, затем средний шлак или мелкий щебень слоем в 10 — 15 см и наконец, нижний слой крупного шлака или щебня толщиной в 10 — 15 см.

Таким образом, общая толщина фильтрующего слоя составляет от 30 до 50 см.

Для дренажа применяются каменно-керамические трубы, диаметром от 7,5 до 20 см.

Ширина отдельных дренажных площадок не более 6 — 8 м, что диктуется условиями их эксплуатации. Длина площадки может быть теоретически каких угодно размеров и определяется в каждом отдельном случае в зависимости от местных условий (топография местности, общая величина иловых площадок, их конфигурация).

Ряд таких площадок располагаются одна подле другой, при чем по смежным для двух площадок граням устраивают лотки для подачи ила.

Посредине иловой площадки устраивается рельсовый путь для вагонеток, при чем путь этот целесообразно укладывать на уровне самой площадки.

Ширина отдельной иловой площадки в 6 — 8 м позволяет рабочему при ручной уборке обезвоженного ила, без переброски ила, сразу подавать его на движущуюся по рельсам вагонетку.

Иловые лотки, обычно, устраиваются из дерева, с уклоном не менее 0,01 для лучшего передвижения ила. По периметру площадки устанавливается ограждение, также из дерева (досок), на высоту, обеспечивающую заливку слоем ила необходимой толщины.

С целью равномерного распределения ила по всей длине иловой площадки в иловых лотках устраиваются выпуски в виде деревянных лотков, отверстия которых перекрываются деревянными задвижками.

Целесообразно устанавливать по длине площадки ряд поперечных распределительных досок, что ведет также к более равномерному распределению ила по площадке.

Вдоль одной из внешних границ площадки имеется основной рельсовый путь, на каковой и направляются вагонетки с илом для дальнейшего его транспортирования за пределы очистной станции.

Очистка площадки от обезвоженного ила начинается обычно от границы ее, вдоль которой уложены основные рельсовые пути.

Дренирующаяся с иловой площадки вода при перегнившем иле не требует направления своего на очистные сооружения, а смешивается с общим потоком очищенных сточных вод для направления в естественный водоем, при этом это смешение с общим потоком необходимо осуществлять перед дезинфекционными установками (хлорирование). При неперегнившем иле дренирующаяся вода с иловых площадок обязательно должна направляться

на очистные сооружения. По Шпильнеру и Блунку (Spilner und Blunk) количество иловой воды равно 0,1 л на м³ сточной воды или 0,01% от расхода сточных вод.

Толщина слоя ила, подаваемого на площадки, колеблется в зависимости от климатических условий и качества ила, от 20 см (Имгоф) до 30 см (Бах-Ваш).

Время сушки зависит также от климатических условий и качества самого ила. По Имгофу в условиях Германии можно заливать иловую площадку до 12 раз в году.

Иловые площадки рационально устраивать на открытых участках вблизи очистной установки, с расположением площадок ниже очистной установки.

В виде иллюстрации приведем ряд конструкций иловых площадок.

На рисунке 154 представлен проект иловой площадки, запроектированный проф. Н. К. Чижовым для канализации гор. Пятигорска.

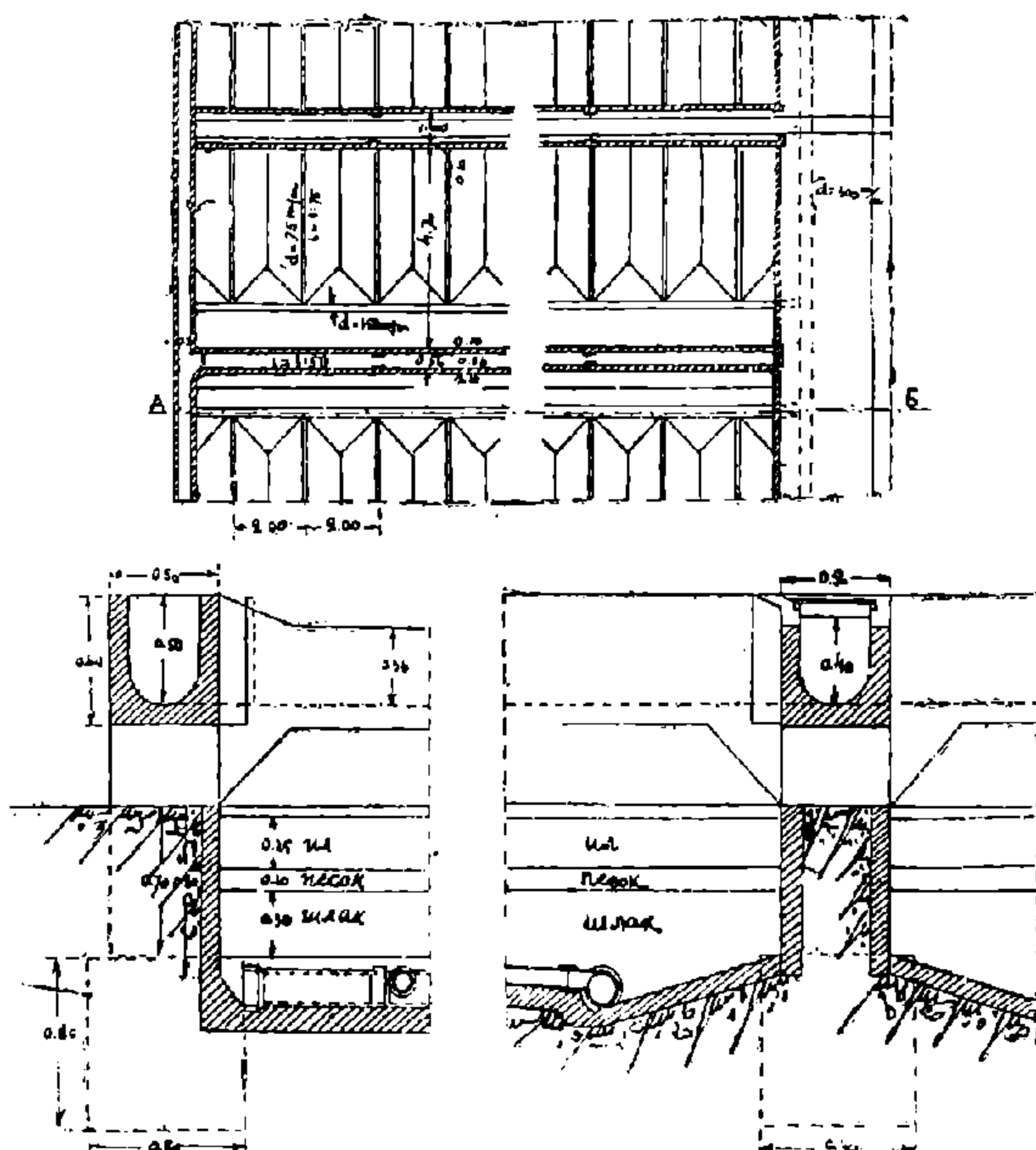


Рис. 161. Иловые площадки гор. Пятигорска.

Площадка разбита на отдельные участки — полосы в 10,40 м по ширине, вдоль участков проходят илоподводящие бетонные лотки. Основанием для иловой площадки выбран бетон, толщиной в 10 — 12 см, на нем находится шлаковая загрузка в 30 см, а выше слой песка в 10 см.

Слой напуска жидкого ила предусмотрен в 25 см. По дну иловой площадки, поперек участков на расстоянии 2 м уложены 75 мм дырчатые дренажные трубы, отводящие воды в продольные трубы, диаметром 150 мм, на коих дренированная вода поступает уже в общий собиратель, $d = 300$ мм.

С целью лучшего отвода дренажной воды бетонному основанию приданы соответствующие уклоны.

Посреди полос-участков проведены рельсовые пути для вагонеток для отвоза обезвоженного ила. Илоподводящие бетонные каналы устроены в виде желоба с полукруглым дном, имеющим уклон 1:50.

Запроектированные для очистной установки гор. Николаева иловые площадки разбиты на отдельные ячейки 8×50 м² каждая (рисунок 162).

Расчитаны площадки на 12 заливок в год, слоем в 20 см.

Ячейки отделяются друг от друга 25 мм досками высотой в 50 см, уложенными на ребро и прибитыми к сваям, поддерживающим распределительные лотки.

Дно площадки выложено из кирпича на ребро. Для придания необходимых уклонов поверх кирпича наносится слой бетона с уклоном как в сторону дренажной черепицы, так и к сборным лоткам, расположенным посредине каждой ячейки (рисунки 163 и 164).

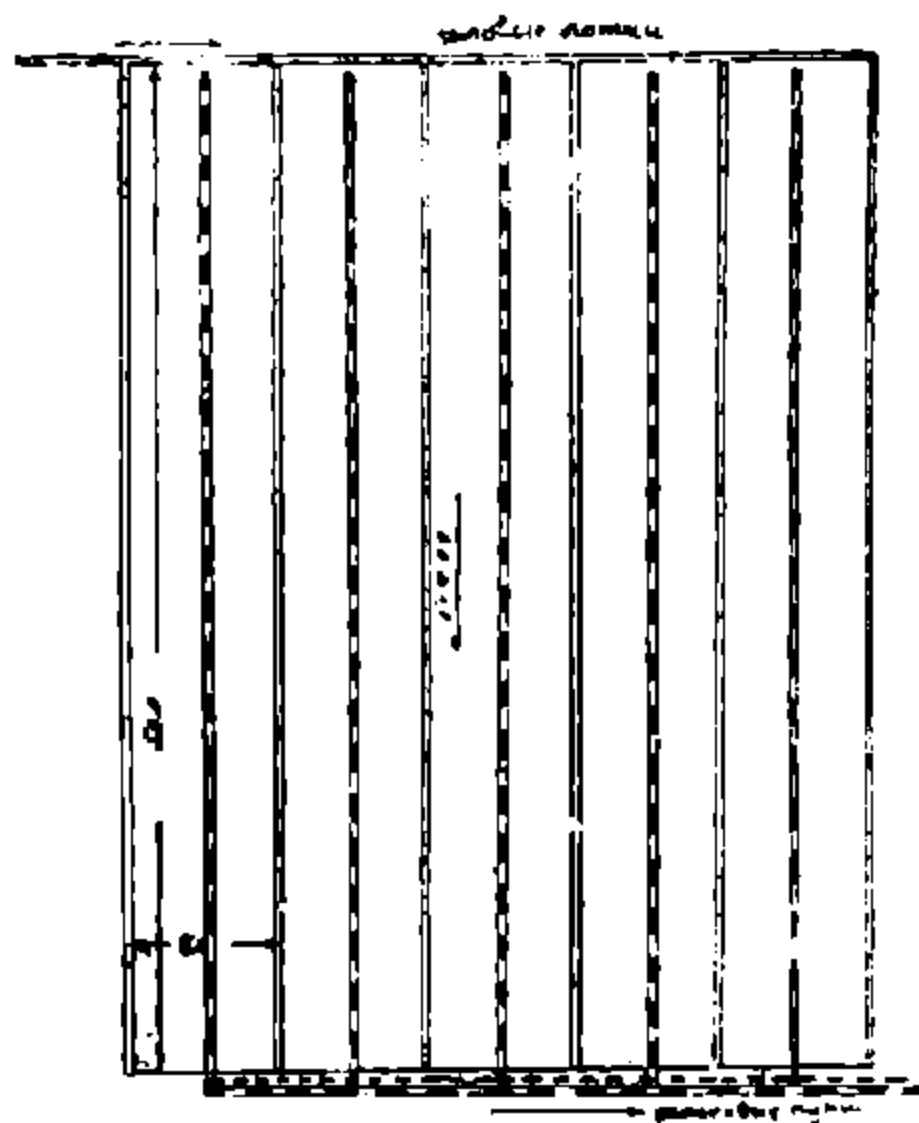


Рис. 162. Схема иловых площадок гор. Николаева.

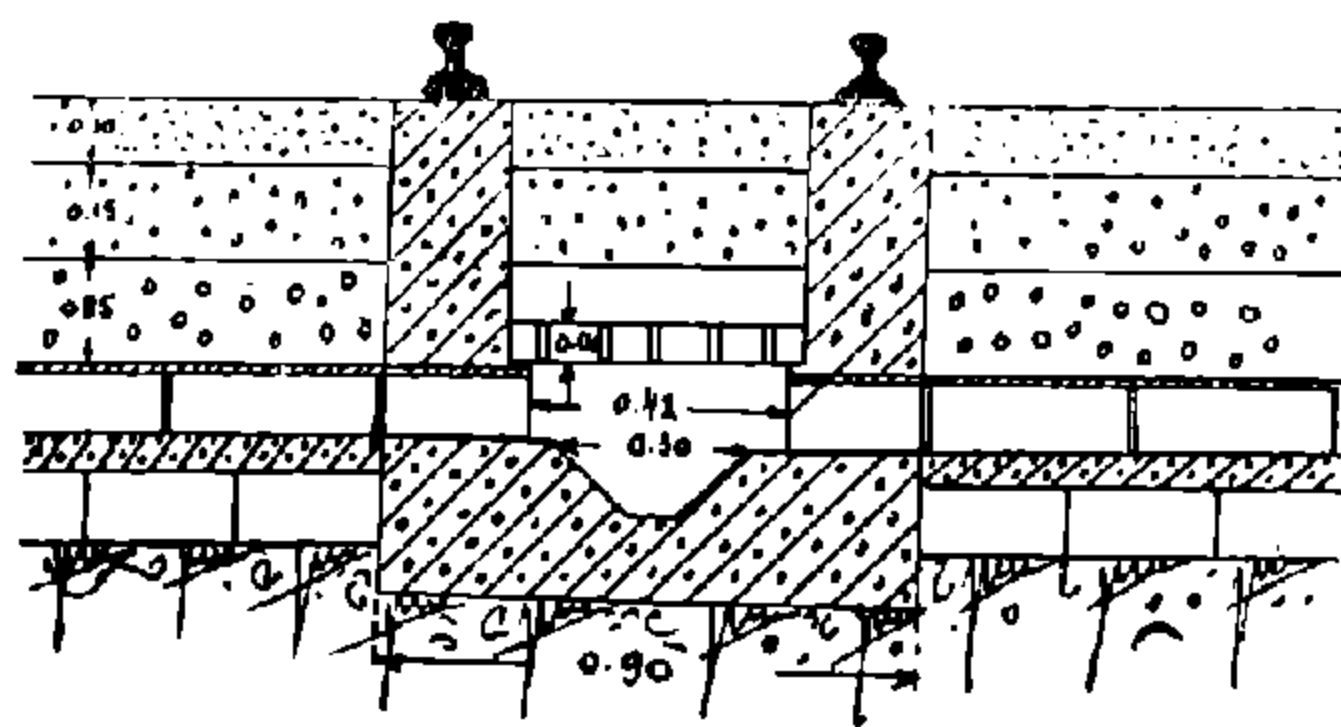


Рис. 163. Детали иловых площадок. Поперечный разрез.

Дренажная черепица уложена на расстоянии 3 м друг от друга. Все дно иловых площадок засыпано дренирующим слоем на высоту 0,50 м, нижний слой высотой 25 см, шлак размерами 15—30 мм, средний — высотой 15 см, шлак разм. 5—10 мм и, наконец, верхний слой, песок высотой слоя в 10 см.

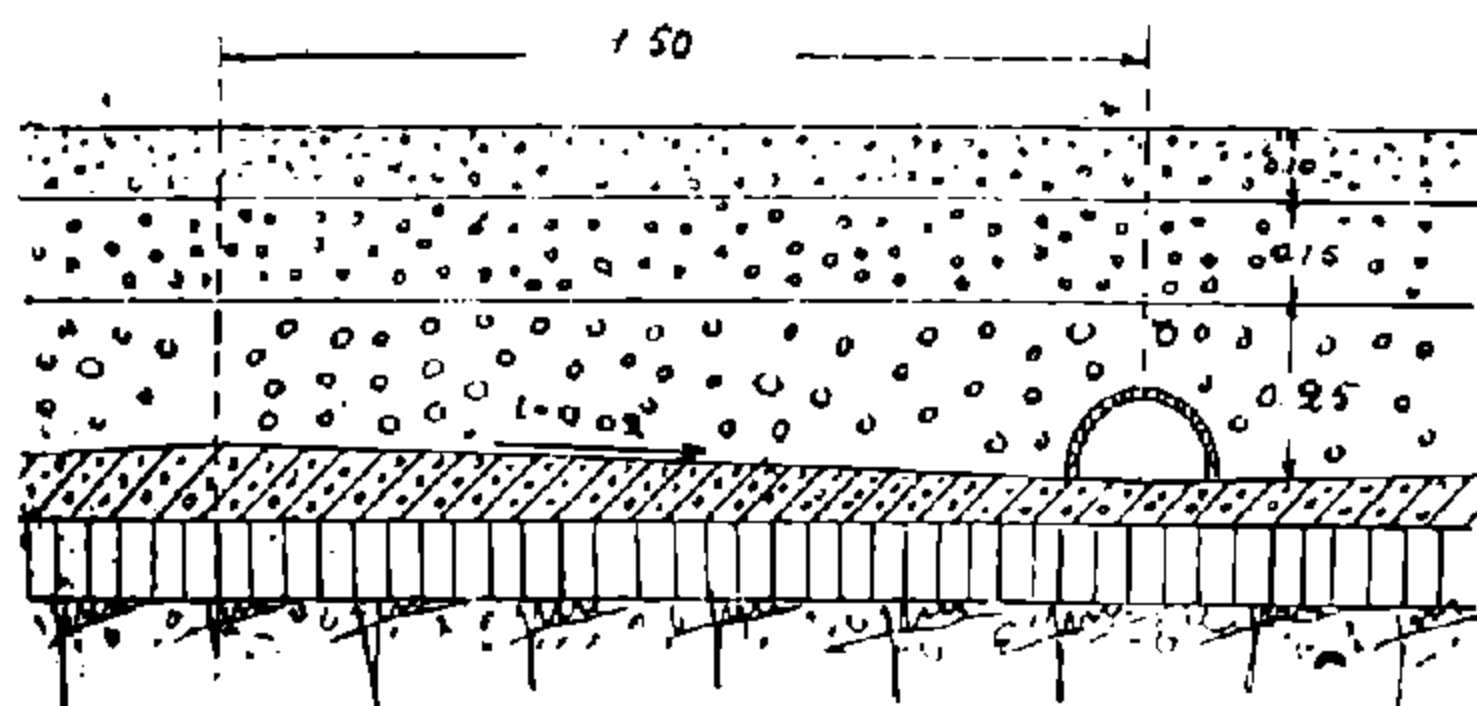


Рис. 164. Детали иловых площадок. Продольный разрез.

Сборные лотки—бетонные с боковыми вертикальными стенами, служащими для укладки дековилевских путей для вывозки ила.

Из лотков дренажная вода собирается керамиковыми трубами.

Сырой ил подводится к иловым площадкам керамиковыми трубами $d = 300$ мм, для распределения же по участкам иловых площадок установлены деревянные лот-

ки, размерами $0,40 \times 0,40$ м², на сваях.

Для выпуска ила на участки установлены распределительные деревянные желоба сечением $0,25 \times 0,30$ м².

Стоимость иловых площадок для гор. Николаева определена в 20 руб. за м².

§ 41

РАСЧЕТ ИЛОВЫХ ПЛОЩАДОК

Общая площадь иловых площадок для каждой очистной установки может быть определена исходя из различных норм, предлагаемых теми или иными специалистами.

Так, Имгоф¹ для перегнившего ила предлагает при раздельной системе канализации 1,5 дм² на 1 человека или 67 человек на 1 м², при общесплавной системе канализации 2,5 дм² на чел. или 40 человек на 1 м², в городах с большим количеством промышленных стоков, богатых илом, 4,5 дм² на человека или 22 человека на 1 м², в малых установках — 10 дм² на человека или 10 человек на 1 м².

Чем меньше установка, чем хуже она работает, тем больше должны быть иловые площадки, на долю которых в этом случае выпадает часть работы по перегниванию ила.

Блунк² предлагает определять размеры иловых площадок исходя из содержания воды в иле, направляемом на площадки для обезвоживания.

Размеры площадки даны на 1 м³ годового количества ила.

Для подсчетов предлагается график, изображенный на рисунке 165.

Годовое количество ила определяется путем умножения ежесуточного количества свежего ила на объемный коэффициент, для нахождения которого Блунком приводится график, изображенный на рисунке 166.

В случае неопределенности количества сточных вод, а следовательно, и количества свежего ила, годовое количество перегнившего ила может быть определено по рисунку 167, дающему зависимость годового количества перегнившего ила в литрах на 1 жителя в зависимости от времени перегнивания.

О. Мор предлагает считать, что 1 м² иловой площадки может обслужить от 20 до 40 человек.

По временным нормам НККХ РСФСР расчетные данные для иловых площадок следующие:

1. Высота напуска годового слоя ила равна:
 - а) после отстойников — 1,0 м,
 - б) " ямшерского колодца — 1,5 м,
 - в) " метан-танка — 3,0 м,

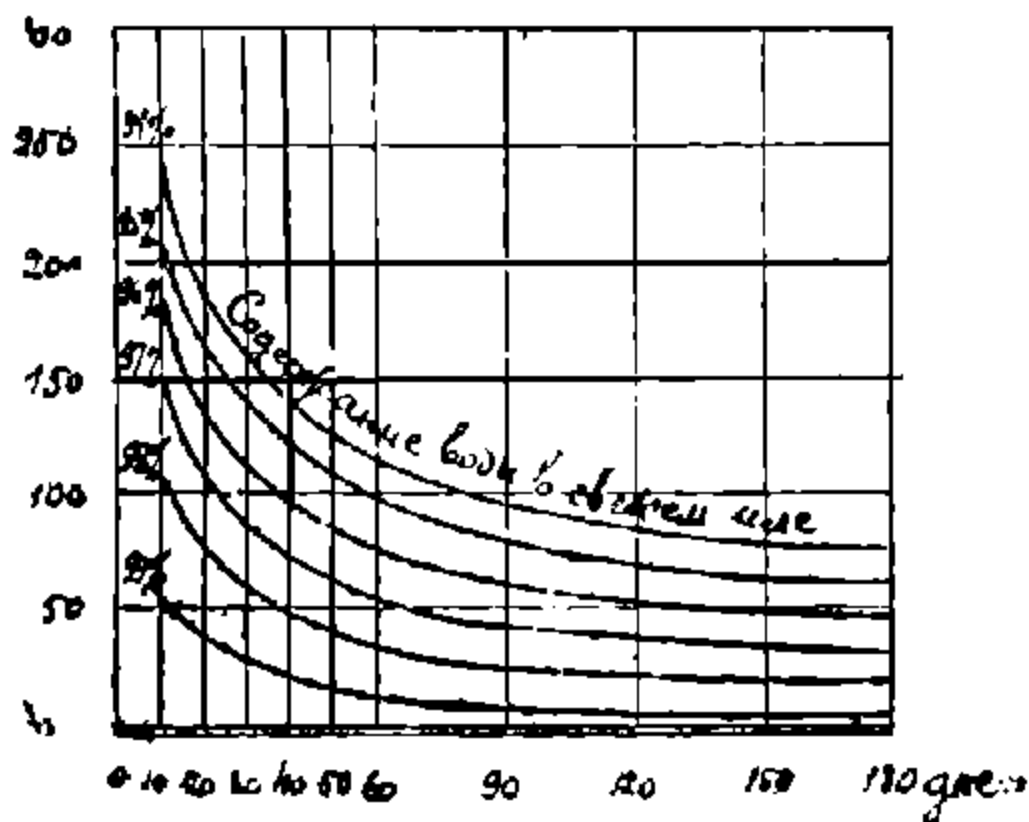


Рис. 166. Диаграмма объемного коэффициента для определения годового количества ила.

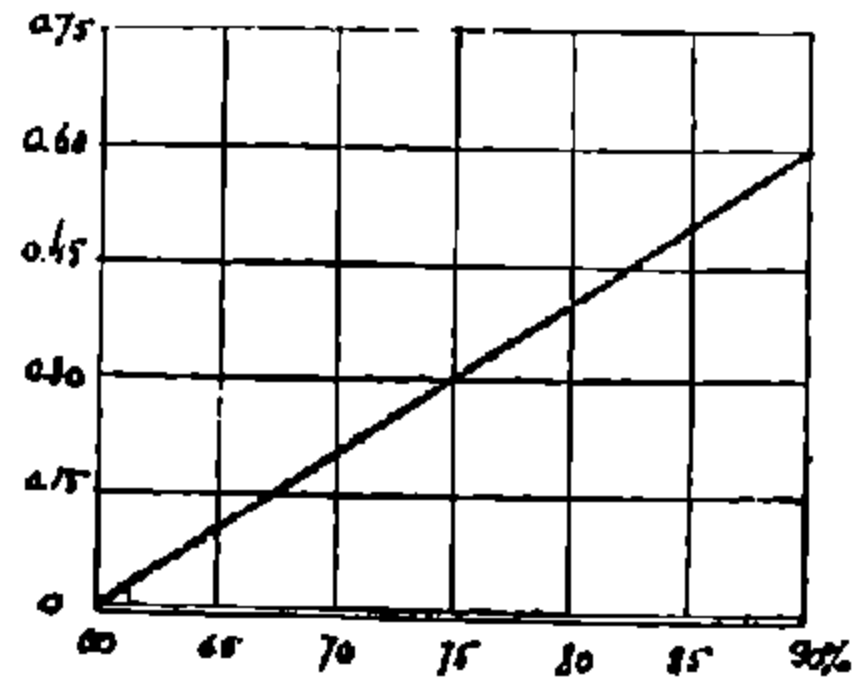


Рис. 165. Диаграмма потребной площади иловых площадок из расчета на 1 м³ ила в зависимости от влажности ила.

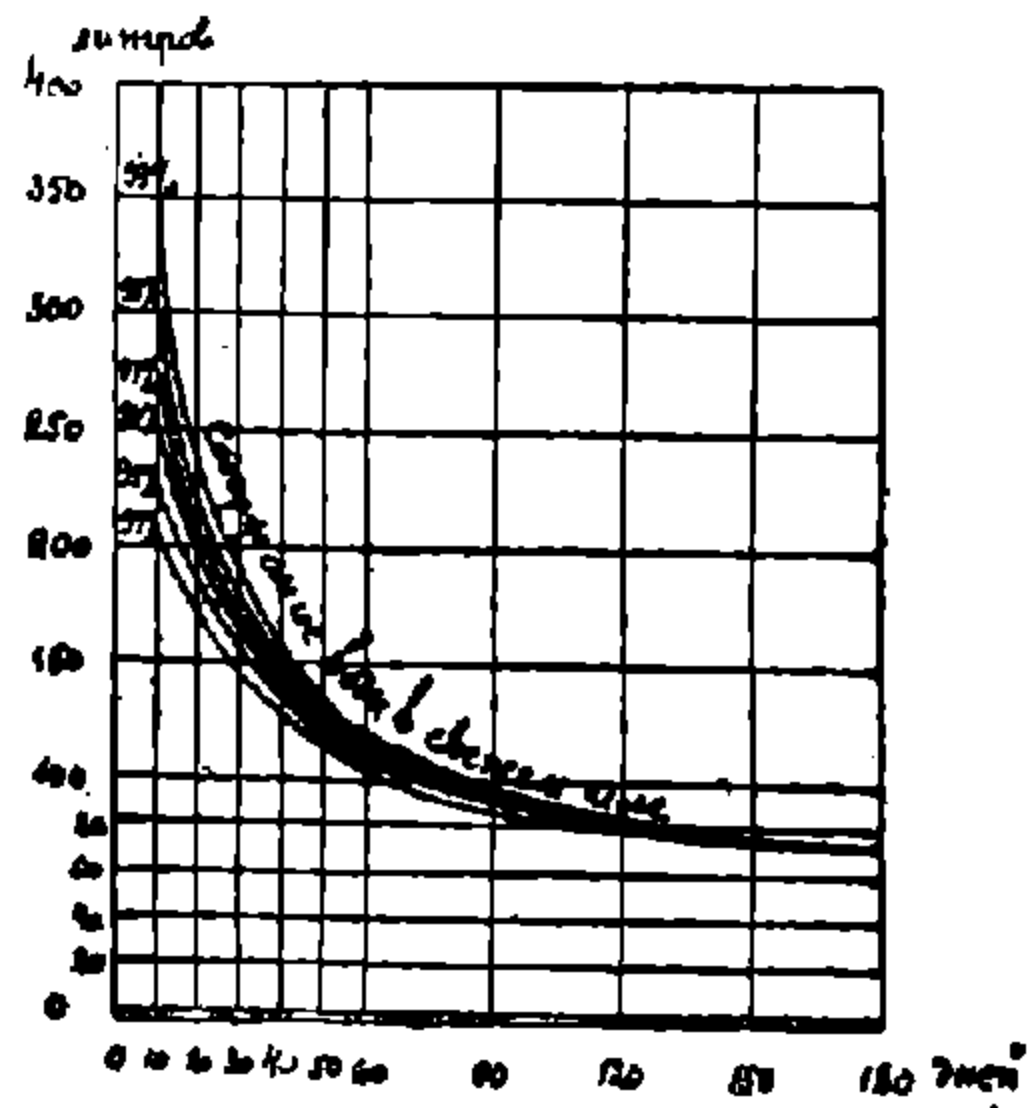


Рис. 167. Диаграмма годового количества ила на жителя.

2. Напуск на 1 раз летом слоем 0,25 м, а зимой может быть увеличен до 0,50 м.

3. Влажность подсушенного ила принимается 80%.

4. При искусственном дренирующем слое загрузка его состоит из:

шлака или гравия	200 мм
песка	200 "

¹ Imhoff K., Taschenbuch der Stadtentwässerung, 1925.

² Blunk H., Beitrag zur Berechnung von Faulräumen, 1925.

³ Mchr O., Mechanische Kläranlagen für Städte und Gemeinden, 1931

5. Количество ила, опускаемого из эмшерских колодцев, подсчитывается исходя из влажности ила в 90% и распада ила на 50%.

6. Количество ила, опускаемого из метан-тэнка, подсчитывается, исходя из влажности 95% и распада ила на 50%.

Пример: Определить размеры иловой площадки для канализационной установки на 25 000 человек.

Считая 1 м² на 40 человек, получим площадь в 624 м².

Примерно, эту же цифру можем получить и по методу Блунка.

Суточное количество свежего ила с влажностью в 95% составит $0,7 \times 25000 = 17500 \text{ л} = 17,5 \text{ м}^3$. Годовой объемный коэффициент при перегнивании в 92 дня — 80, следовательно, годовое количество ила $75 \times 80 = 1400 \text{ м}^3$. При перегнивании в 92 дня и соответствующей конечной влажности в 80% на 1 м³ годового количества ила требуется по диаграмме (рис. 165) — 0,4 м² площади, а всего 560 м².

По нормам НККХ площадь иловых площадок определяется, исходя из следующих соображений.

Количество свежего ила на 1 жителя может быть принято в 0,7 л в сутки с содержанием влаги в 95%.

После перегнивания ила в Эмшерских бассейнах (для примера) ил будет содержать лишь 90% воды и на 50% распадется, иными словами, количество ила уменьшится в 4 раза и составит на 1 жителя в сутки лишь 0,175 л. Годовая норма на 1 жителя будет $0,175 \times 365 = 64 \text{ л}$. На 25 000 жителей годовое количество ила, подлежащее направлению на иловые площадки, составит $64 \times 25 000 = 1 600 000 \text{ л} = 1 600 \text{ м}^3$. Принимая годовой слой напуска в 2,5 м (для условий Украины), получим площадь в $1 600 : 2,5 = 640 \text{ м}^2$, близкую по величине к немецким нормам.

В условиях капиталистических стран основной недостаток иловых площадок — это их сравнительно большая величина, требующая отвода под площадки соответствующих участков земли под городом.

С целью интенсификации процессов обезвоживания на иловых площадках, последние устраивают перекрытыми, в виде остекленных ангаров; в последние годы эти перекрытые иловые площадки и отапливают.

Перекрытие защищает сохнувший ил от действия дождей, тормозящих процессы обезвоживания, кроме того, стеклянная поверхность ангаров благодаря сбору солнечных лучей способствует самому процессу обезвоживания.

Остекленные ангары в зимнее время отапливаются, что дает возможность также значительно увеличить продуктивность 1 м² иловой площадки.

По данным американской практики остекленные отапливаемые иловые площадки в среднем в 2—3 раза быстрее обезвоживают ил, т. е. размеры этих площадок должны быть в 2—3 раза меньше, чем обыкновенных открытых иловых площадок.

По данным Скиннера (Skipper) в штате Нью-Йорк определяют потребные площади открытых и закрытых иловых площадок, исходя из табл. 25.

Т а б л и ц а 25

Характер ила	Требуемая площадь на 1 жителя	
	Открытые площадки	Закрытые площадки
Неперегнивший свежий ил .	0,46 м ²	0,23 м ²
Перегнивший ил из двухъярусных отстойников .	0,09 м ²	0,045 м ²
Ил из метан-тэнков .	0,14 м ²	0,07 м ²

Приведенные данные говорят, что потребная площадь закрытых иловых площадок в два раза меньше, чем открытых, при стоимости закрытых площадок в 2—3 раза большей, чем открытых.

При условии отопления крытых иловых площадок производительность их повышается до 3,5 раз по сравнению с открытыми иловыми площадками.¹

Несмотря на увеличение пропускной способности иловых площадок при их остеклении, все же размеры этих площадок получаются весьма значительными, так, в Чикаго при ширине этих ангаров в 24 м, длина их колеблется от 240 до 600 м.

На рисунке (рис. 168) приведен вид остекленного ангара — иловой площадки в Чикаго.

Обезвоживание перегнившего ила на иловых площадках продолжается, пока он внешне не будет сухим, при этом его можно будет разделить легко лопатой на небольшие куски, в виде брикетов, и в таком виде транспортировать.

Обезвоженный ил содержит влаги от 60 до 70%, а иногда и несколько больше, в то время, как свежее поступающий ил из Эмшер-бассейнов 80—85%, из метан-танков — 95%.

На иловых площадках, следовательно, объем ила уменьшается от 2 до 8 раз.

Следует напомнить, что изменение объема ила с водой, при уменьшении содержания последней, определяется по следующей формуле:

$$V_k = \frac{V_n (100 - n_{нач})}{100 - n_{кон}}$$

где V_n — начальный объем ила с водой,
 V_k — конечный объем ила с водой,
 n_n — начальная влажность ила,
 n_k — конечная влажность ила.

Удаление обезвоженного, высохшего ила с иловых площадок производится вагонетками, на которые ил нагружается в ручную.

На современных американских установках прибегают к механизации уда-

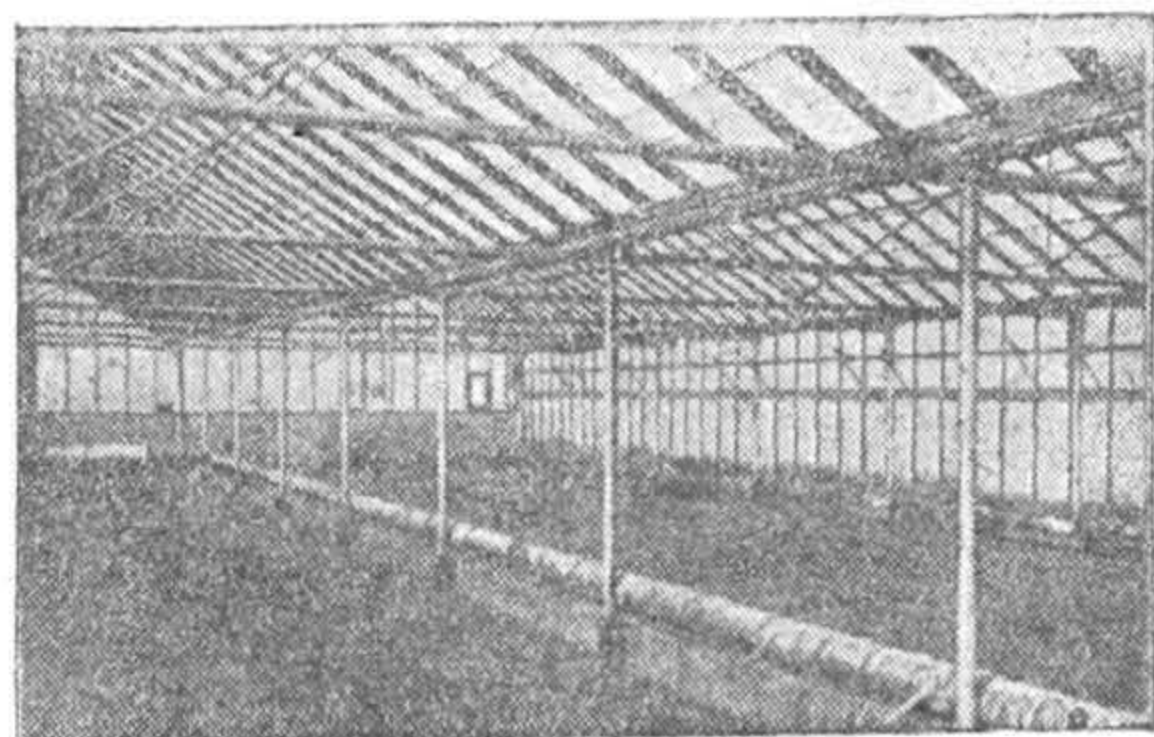


Рис. 168. Закрытые иловые площадки (г. Чикаго).

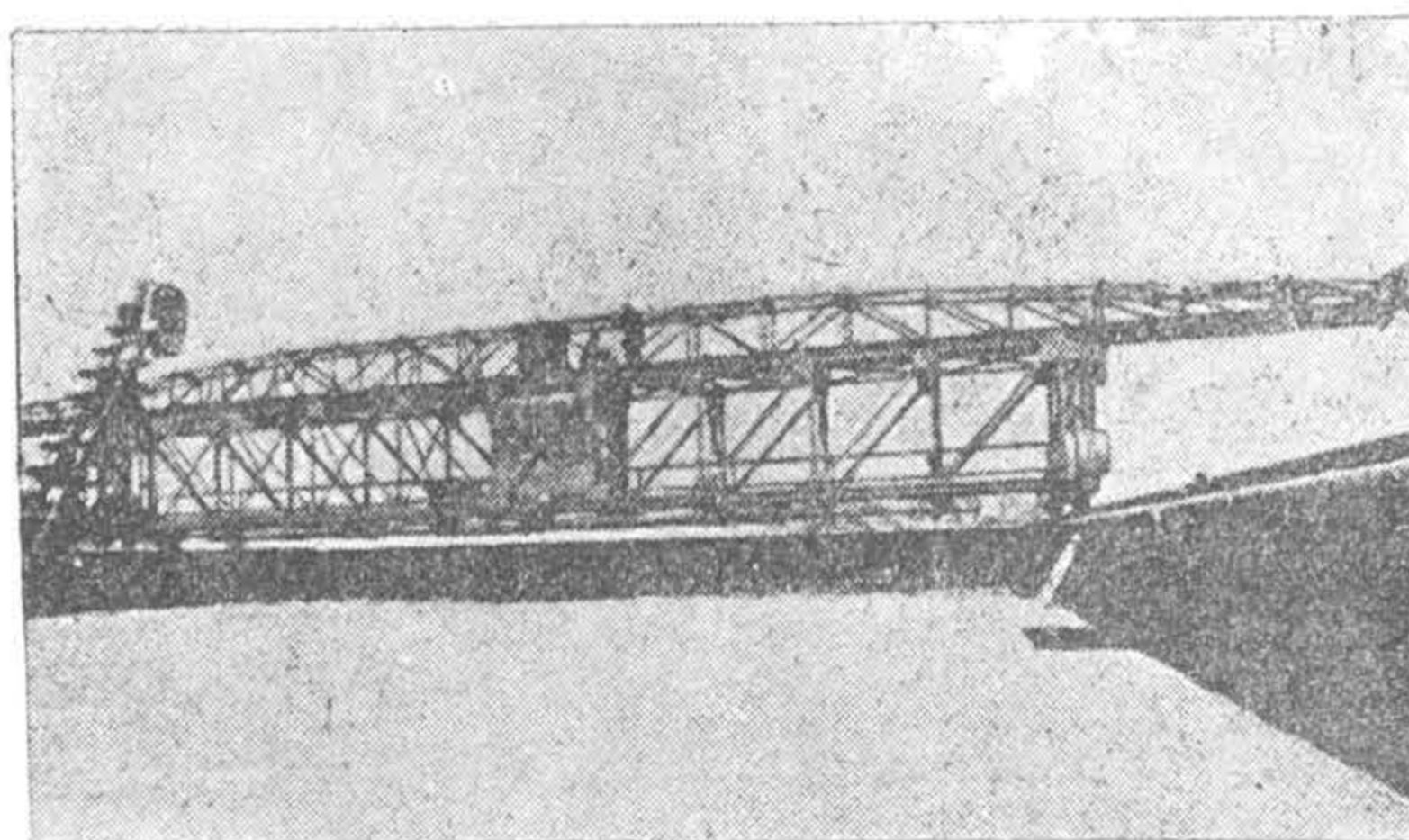


Рис. 169. Механизация удаления ила с иловых площадок (г. Чикаго).

ления обезвоженных осадков с иловых площадок. Так, в Чикаго для очистки площадок общей шириною в 24 м применен специальный подъемник (рис. 169),двигающийся по рельсам, уложенным по границам площадок.

При помощи подъемных зубьев ил подается на подвижной подъемник.

Рабочая скорость под'емника 0,9 — 2,3 м/мин, обратный холостой ход — 30 м/мин. Производительность около 3,75 м³ обезвоженного ила (содержание воды 55%), снимаемого слоями в 7,5 — 15,0 см.

Суточная производительность такого передвижного под'емника 1500—2000 м³, он заменяет около 350 рабочих.

Снятый под'емником ил доставляется к границе площадки и там перегружается на вагонетки. Стоимость такого передвижного под'емника с перегружателем 44 000 долларов.

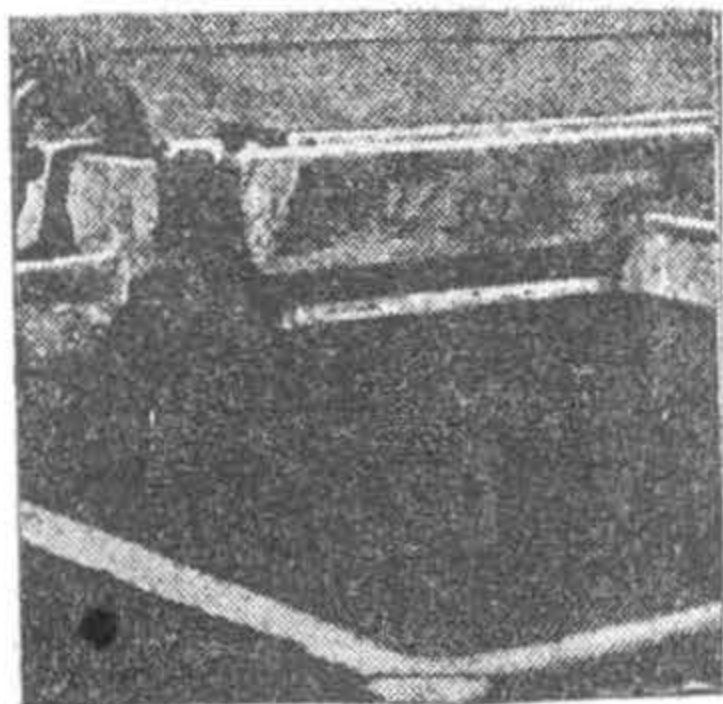


Рис. 170. Подача ила на иловую площадку.

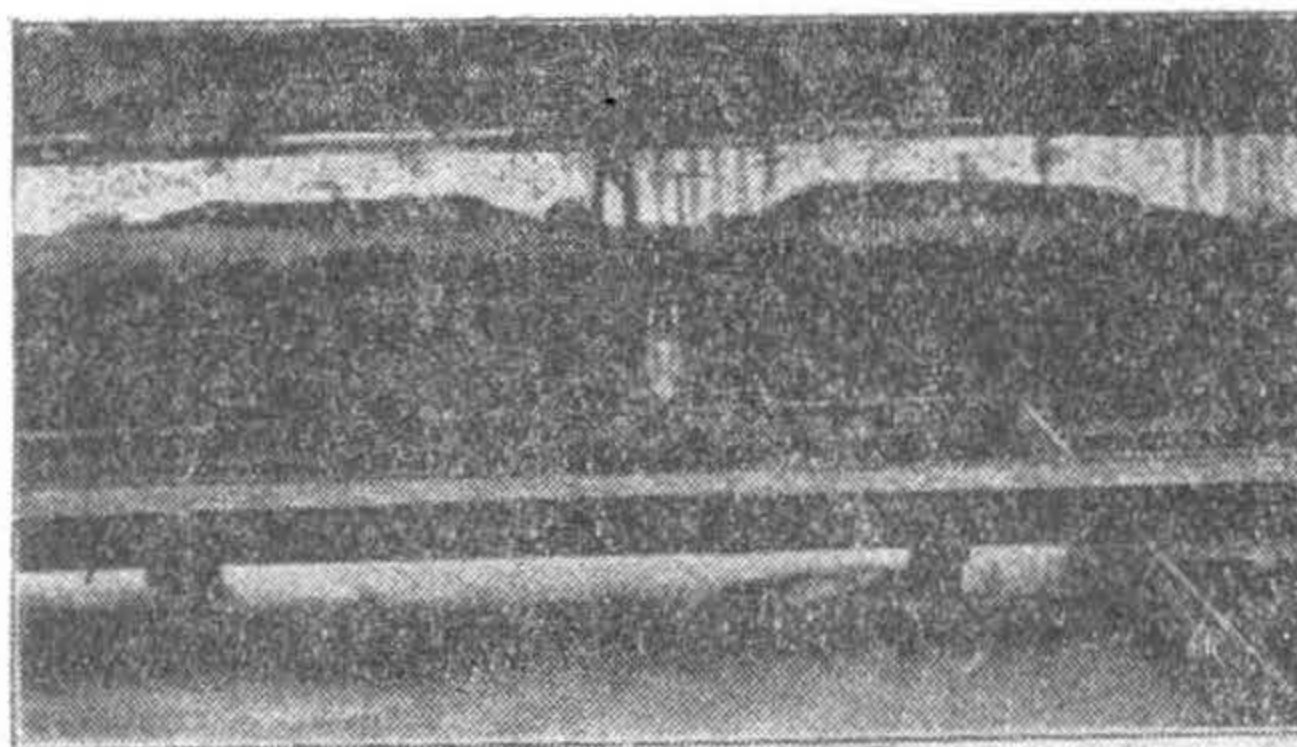


Рис. 171. Иловая площадка. Напуск ила.

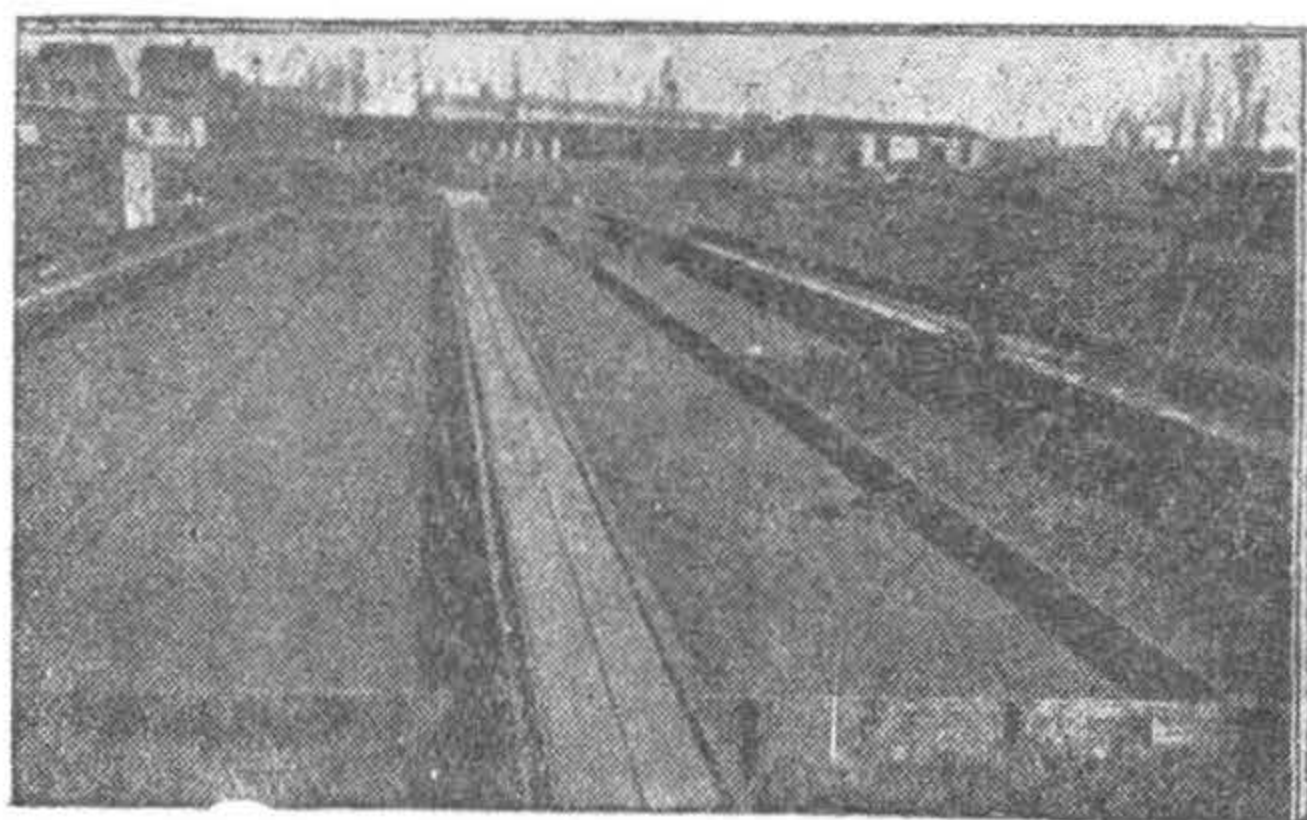


Рис. 172. Иловая площадка. Подсушка ила.

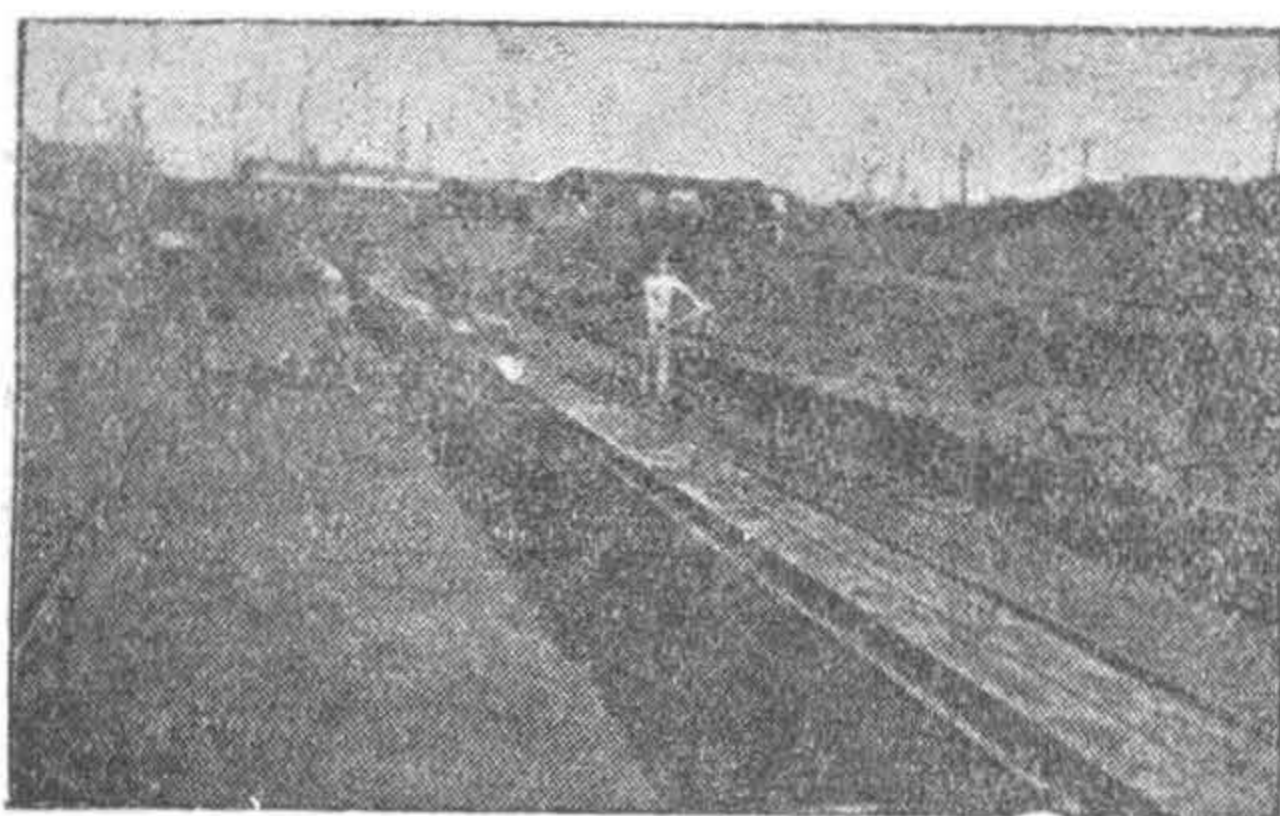


Рис. 173. Иловая площадка. Удаление ила.

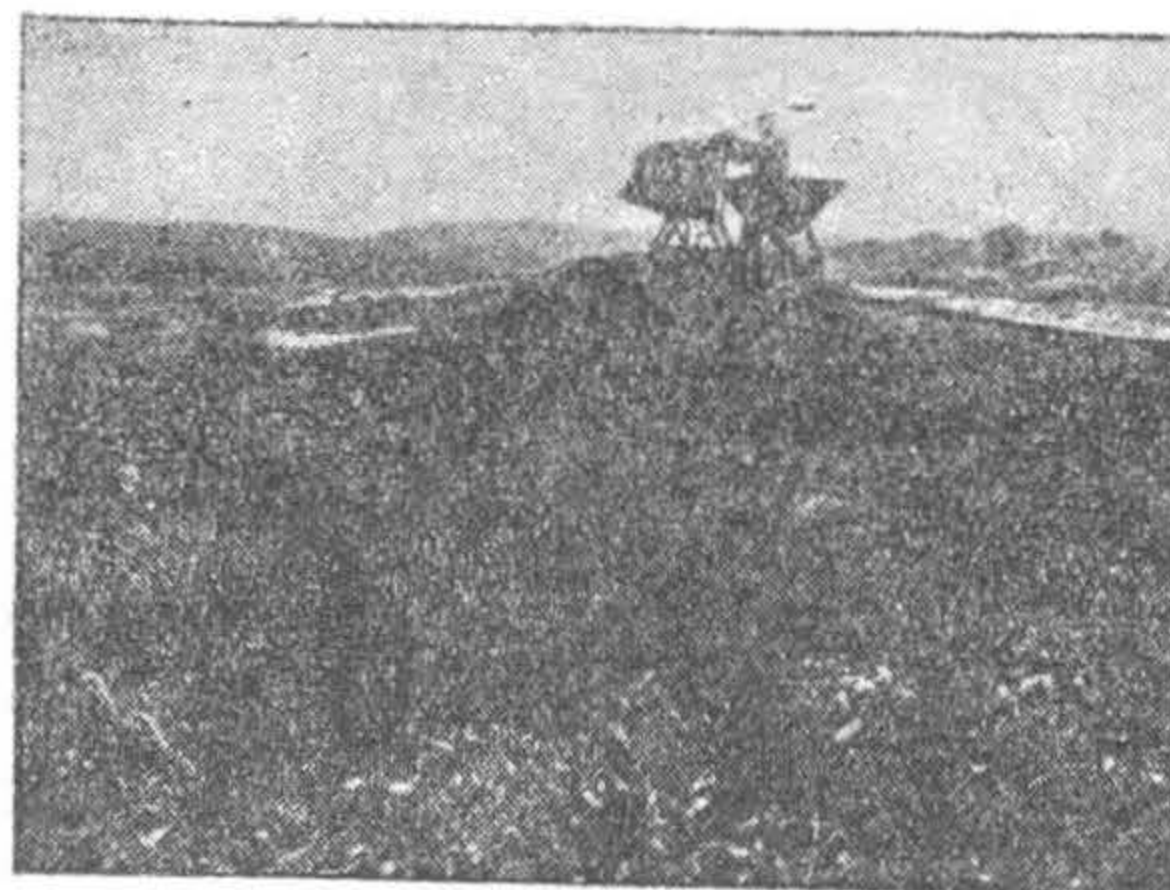


Рис. 174. Иловая площадка. Свалка подсушенного ила.

На рисунке 170 представлена фотография подачи ила на иловую площадку. На следующих 4-х фотографиях (рис. 171, 172, 173, 174) показаны этапы обработки ила на иловых площадках в бассейне реки Эмшер (напуск ила, подсушка его, удаление ила с площадки и свалка ила).

Стоимость иловых площадок с искусственным водонепроницаемым основанием определяется в 16 — 25 руб. за м² полезной площади или 6 — 8 руб. на 1 м³ сточной воды в сутки.

§ 42

ВАКУУМ-ФИЛЬТРЫ

В последнее время для обезвоживания ила, главным образом, в Америке стали применять вакуум-фильтры.

Вакуум-фильтр представляет собою барабан, вращающийся медленно вокруг горизонтальной оси. Тело барабана состоит из металлического остова, разделенного сегментными перегородками на ряд отделений, соединяемых попеременно с вакуум-аппаратами и повышенным воздушным или паровым давлением.

Наружная поверхность барабана покрыта фильтрующей материей, прикрепленной к отдельным рамам, установленным на остове барабана. С целью поддержания материи на раму натянута проволока.

Барабан опущен на известную глубину в ил.

На рисунке 175 изображена схема работы вакуум-фильтра.

На фотографии (рис. 176) изображен вакуум-фильтр.

При опускании того или иного сегмента в ил, в нем создается вакуум, благодаря чему ил пристаёт к фильтрующей материи. При подъеме сегмента выше поверхности ила действующий внутри сегмента вакуум втягивает внутрь барабана воду, оставляя на поверхности вакуум-фильтра лишь обезвоженную лепешку.

Незадолго до полного оборота сегмента внутри его создается повышенное давление, в результате чего приставший к фильтрующей материи обезвоженный ил (лепешка) сбрасывается.

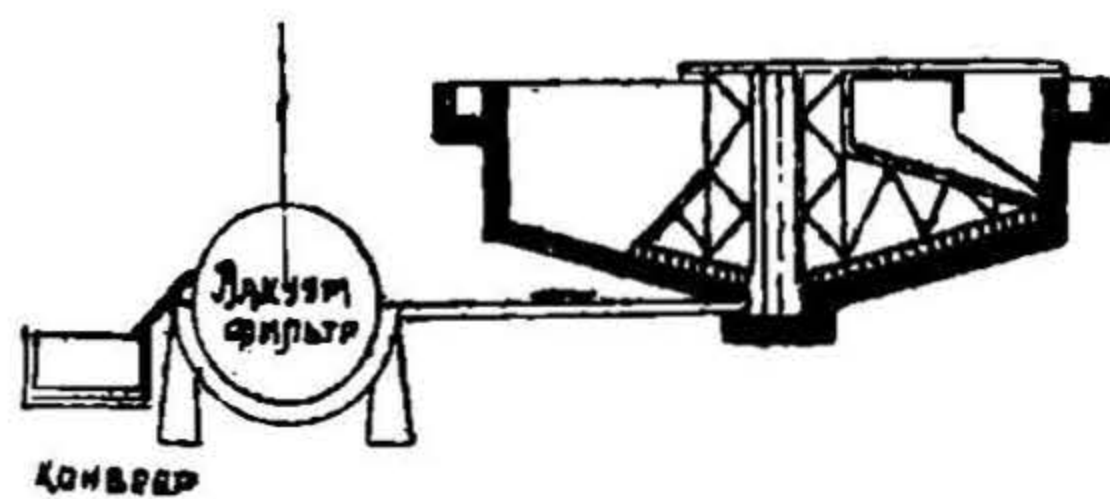


Рис. 175. Схема работы вакуум-фильтра.

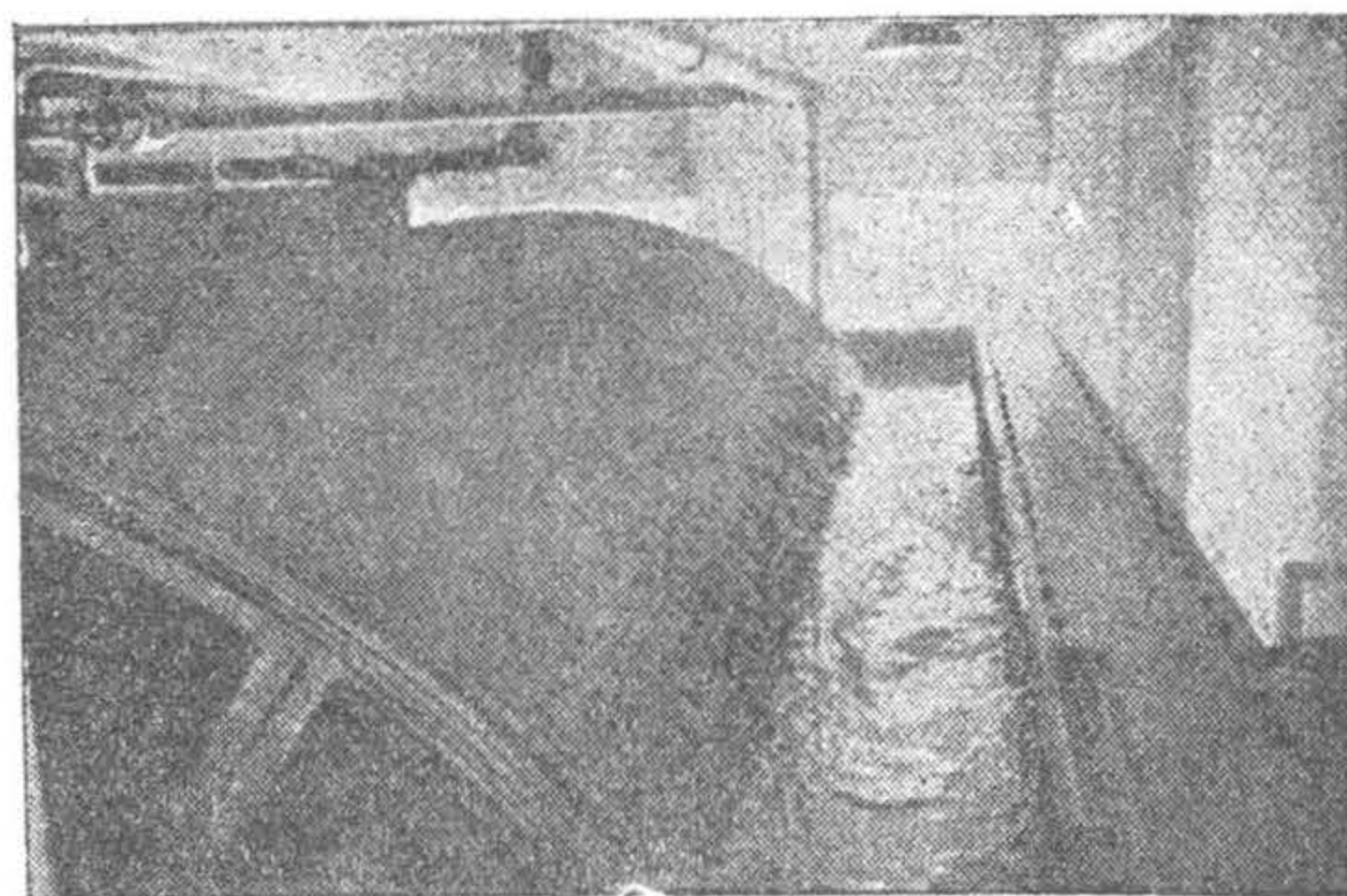


Рис. 176. Вакуум-фильтр в работе.

На рисунке 177 изображен вакуум-фильтр Оливер, фирмы Дорр.

Несколько иную конструкцию имеет вакуум-фильтр Американ. Отделения фильтра — сегменты прикреплены в форме дисков к тяжелому чугунному валу. Соединенные диски и вал смонтированы над бассейном с илом таким образом, что нижняя половина дисков погружена в ил.

На рисунке 178 изображен фильтр Американ.

Как в том, так и в другом фильтре фильтровальная материя очищается основательно при каждом обороте, сохраняя таким образом постоянно свою максимальную производительность.

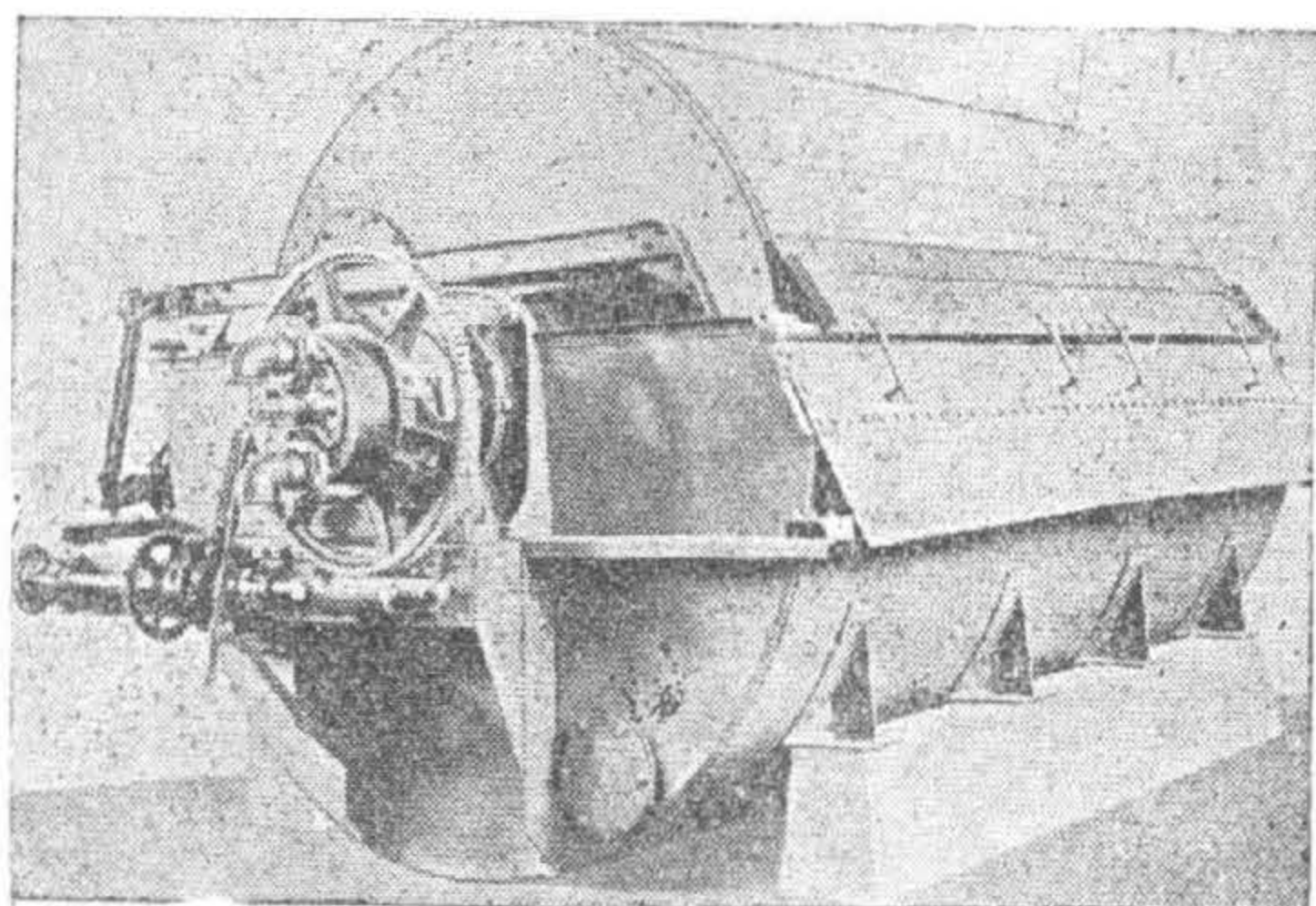


Рис. 177. Вакуум-фильтр Оливер.

На случай необходимости сегменты быстро демонтируются и заменяются. Чрезвычайно быстро производится также и замена фильтрующей ткани.

По данным инж. Макерова скорость движения вакуум-фильтров около 0,3 м/с на ободу цилиндра.

Производительность фильтра Оливер примерно до 0,05 кг сухого ила на м² поверхности фильтра в секунду.

По данным Кефера и Кромвелля (Keefег и Cromwell)¹ применение вакуум-фильтров (Оливер-фильтров)

в Балтиморе в течение зимы 1932 г. дало следующие результаты.

Среднее количество влаги в обезвоженном перегнившем иле при применении хлорного железа FeCl₃ в качестве коагулянта составляло 74,9%.

Попытка обезвоживать на Оливер-фильтрах сырой ил не дала положительных результатов, так как фильтрующая ткань чрезвычайно быстро засорялась, вытекающая вода содержала большое количество коллоидов и нерастворенных веществ.

Нагрузка на фильтр определяется в 85 кг на один м² в час при прибавлении 0,12 кг хлорного железа на один кг взвешенных веществ.

Фильтры находятся в работе ежедневно 7,75 часа.

Стоимость одной тонны обезвоженного на вакуум-фильтре ила (брикетов) определяется в 5 долларов, в то время, как воздушная сушка на иловых площадках обходится в 6,23 доллара за тонну.

В связи с применением вакуум-фильтров и удовлетворительными результатами работы их, от прежде применявшихся фильтр-прессов и центрофугирования осадков, с целью их обезвоживания, ныне совершенно отказались, в силу чего мы не приводим описания фильтр-прессов и аппаратов для центрофугирования осадков.

Основные недостатки этих способов обезвоживания—высокая стоимость обезвоживания плюс недостатки санитарно-гигиенического порядка при применении фильтр-прессов.

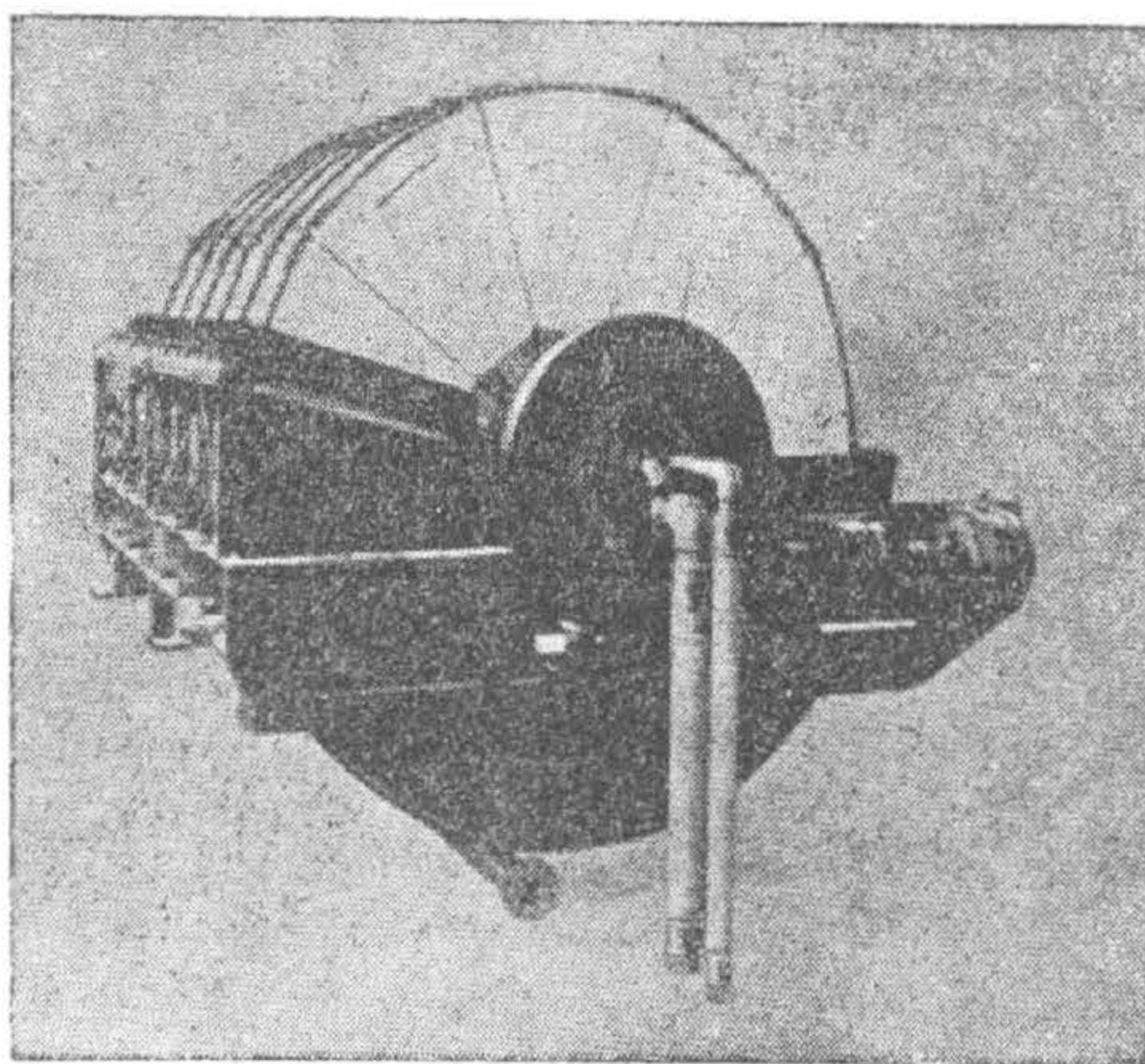


Рис. 178. Вакуум-фильтр Американ.

¹ Keefег С. Е. and Cromwell E. С., The dewatering of sludge by Vacuum filtration, 1932

ТРАНСПОРТИРОВКА ИЛА

Как видно из вышеизложенного, ил, впредь до его использования в обезвреженном и обезвоженном состоянии, проходит следующие этапы: осаждение, обезвреживание и, наконец, обезвоживание.

Переходя от одного этапа к другому, ил должен транспортироваться. Рассмотрим наиболее часто применяющиеся виды транспортировки ила.

В двухъярусных отстойниках, объединяющих в одном сооружении и осаждение и обезвреживание ила, не возникает вопроса о транспортировке ила между двумя этими стадиями, так как ил просто, в силу тяжести, проваливается из осадочной части сооружения в загнивательную. При отдельно стоящих сооружениях — отстойниках и метан-танках вопрос разрешается при благоприятных топографических условиях и соответствующих конструкциях установкой труб для отжима ила, обычно диаметром в 200 мм, опущенных в воронку отстойника и имеющих выходной конец на 1,2—1,8 м ниже поверхности воды в отстойнике.

Эта разность отметок обеспечивает необходимый напор как на образование скорости в трубе, так и на все потери напора по длине илопровода и на местные сопротивления (вход, повороты, задвижки).

Определение потерь напора ранее считали возможным вести по известным формулам гидравлики. Неизвестными были лишь коэффициенты сопротивления ξ для условий ила с водой. Во всяком случае, коэффициенты эти значительно больше, чем при водопроводной и даже канализационной воде, так как с одной стороны вода в силу наличия большого количества илстых частей становится более вязкой, с другой — характер жидкости ведет к увеличению шероховатости трубы.

Эти опытные коэффициенты в значительной степени зависят и от характера сточных вод и в каждом отдельном случае подлежат проверке.

На основании данных города Мюнхена потери напора определялись по длине трубопровода по известной формуле Дарси-Вейсбаха (Darcy-Weissbach).

$$hw = \lambda \frac{l v^2}{d 2g},$$

при чем для труб диаметром в 150, 175 и 200 мм значение λ менялось в пределах от 0,3 до 0,9 для 90% исследований и для остальных 10% доходило до 1,6. При геометрической разности высот в 14,6 м, длине трубопровода в 715 м, расходе в 200 м³ за 5 часов, суммарная высота потребного давления колебалась в пределах от 2,75 до 4,75 атм, поэтому при расчете илопроводов всегда надлежит брать значительный запас. Особенно увеличиваются потери напора в зимнее время.¹

За последние годы в ряде капиталистических стран (США, Германия) и у нас в Союзе были проведены опыты по выяснению особенностей движения в трубопроводах канализационного ила, как неоднородной, вязкой жидкости. Опыты эти показали, что потери напора по длине трубопровода зависят от скорости, но зависимость эта не может быть выражена законом Шези или близким к нему. При небольших величинах скорости в трубопроводе потери напора по длине трубопровода значительно больше таковых же при условии движения воды (в несколько раз больше), при больших скоростях, наоборот, потери напора при движении канализационного ила меньше таковых же при движении воды.²

Опыты, произведенные инж. А. З. Евилевич в Ленинграде над

¹ Stöcher E. und Kerper H., Erweiterung Schlammabgabe auf der Münchener Kläranlage, 1932.

² Евилевич А. З., Напорный способ удаления канализационного ила по трубам на большие расстояния, 1935.

Merker W., Die Fliesseigenschaften von Abwasserschlamme, 1933.

илом с влажностью от 92 до 97% в трубопроводе диаметром в 150 мм и длиной в 202 м, позволили ему прийти к следующему заключению:

1. Канализационный ил представляет собою разнородную смесь взвешенных веществ с водой, органически и неорганически связанной с ними, отличающуюся повышенной вязкостью, влияние которой непостоянно и зависит от скорости движения.

2. На сопротивление ила в трубах весьма сильное влияние оказывает скорость: чем скорость больше, тем сопротивление становится относительно меньшим по сравнению с водой.

3. Сопротивление увеличивается с уменьшением содержания воды в иле.

4. При движении ила в трубах, при больших скоростях, всегда наблюдается режим, при котором ил может иметь меньше сопротивления по сравнению с водой.

Характер полученной инж. А. З. Евилевич зависимости сопротивлений от скорости вполне совпадает с данными американских исследователей.

На основании проделанных опытов в Ленинграде над движением ила инж. Евилевич предлагает следующую формулу для определения потерь напора:

$$100i = 2(0,613v)^{2,52 - 0,4c - 0,225v} + C,$$

или, обозначая буквой k показатель степени —

$$2,52 - 0,4c - 0,225v = k,$$

получаем

$$100i = 2(0,613v)^k + C,$$

где $100i$ — потеря напора на 100 м длины трубопровода,

v — скорость в м/сек.

C — коэффициент сопротивления ила, равный 0,2 при 97,0% воды в иле

0,31	"	96,0	"	"	"
0,34	"	95,5	"	"	"
0,41	"	95,0	"	"	"
0,73	"	94,0	"	"	"
0,80	"	93,5	"	"	"
1,09	"	92,0	"	"	"

Впредь до дальнейшего изучения вопроса движения ила в трубопроводах можно рекомендовать для ориентировочных подсчетов потерь напора в трубопроводах при движении ила формулу инж. Евилевич:

$$100i = 2(0,613v)^k + C.$$

Для облегчения пользования формулой

$$100i = 2(0,613v)^k + C.$$

нами приведен рис. 179, заимствованный из статьи инж. Евилевич — график потерь напора в метрах на каждые 100 м длины для трубопровода в 150 мм.

Если топографические условия местности не благоприятствуют отжиму ила без применения внешних давлений (это относится также и к конструкциям метан-танка типа Прюсса), приходится прибегать к использованию искусственного нагнетания путем установки либо аппаратов, на подобие мам-

мут-насосов (эрлифты), либо котлов, работающих при избыточном давлении (пневматика).

В первом случае, к нижней части трубы подводится воздух под давлением, так что труба работает как эрлифт.

Особенности расчета и конструкции эрлифтов при применении их для под'ема ила изложены в работе инж. Орловского З. А.¹ Наиболее выгодная работа эрлифтов имеет место при высоте под'ема ила в 1,5 м. При увеличении этой высоты возрастает непропорционально количество потребляемого эрлифтом воздуха. Последнее условие сужает возможности применения эрлифтов при подаче ила на большую высоту и расстояние.

Пневматический под'ем ила предусматривает наличие железных котлов, соединенных с компрессором соответствующей производительности. По наполнении котла илом, подачей сжатого воздуха содержимое котла выбрасывается в отводную трубу, по которой ил подается к месту назначения. Котел снабжен двумя клапанами. При отсутствии давления от компрессора открыт клапан, соединяющий котел с отстойником, и закрыт клапан на отводной трубе. При пуске рабочего давления первый клапан закрывается (прижимается давлением) и, наоборот, второй клапан открывается.

На случай возможных ремонтов и осмотров имеются два котла, один рабочий, другой резервный. На фотографии (рис. 180) показана установка котла на очистной станции в Нюрнберге.

Для транспортировки ила по илопроводам могут быть целесообразно применены двойные вакуум-котлы, схема работ которых представлена на рисунке 181.

Система состоит из двух котлов одинаковой емкости, при чем при наполнении одного котла илом второй опорожняется.

На фигуре № 1 показано, как из котла *a* воздух переходит в котел *b*. В котле *a* создается вакуум, под влиянием которого в котел *a* поступают осадки из отстойника.

В это же время, под влиянием дополнительного давления, из котла *b* ил выжимается в илопровод. По освобождении котла *b* от осадков и наполнении ими котла *a*, при помощи автомата происходит переключение направления дополнительного давления, воздух начинает поступать в котел *a*, а в котле *b* создается разрежение. Фиг. 2 показывает это положение.

Для создания необходимого давления в цепь включен воздушный насос.

¹ Орловский З. А., инж., О применении эрлифтов на станциях аэрации. Сборник „Очистка сточных вод“, 1934.

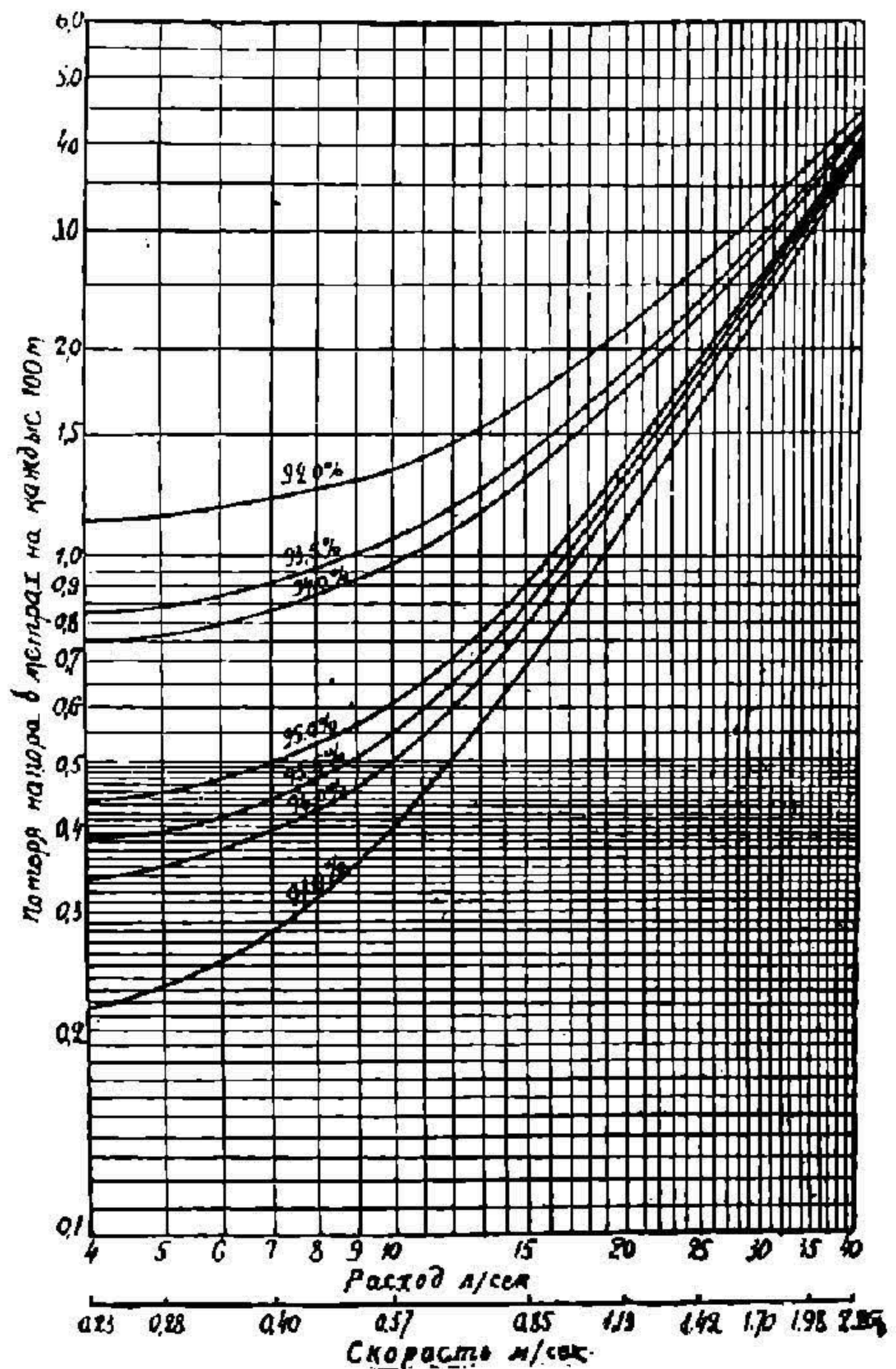


Рис. 179. График потерь напора в 150 мм. илопроводе (по Евилевичу).

Подобная установка работает вполне удовлетворительно, занимает немного места и в эксплуатации не вызывает особых затруднений.

На рисунке 182 изображена установка с двумя вакуум-котлами.

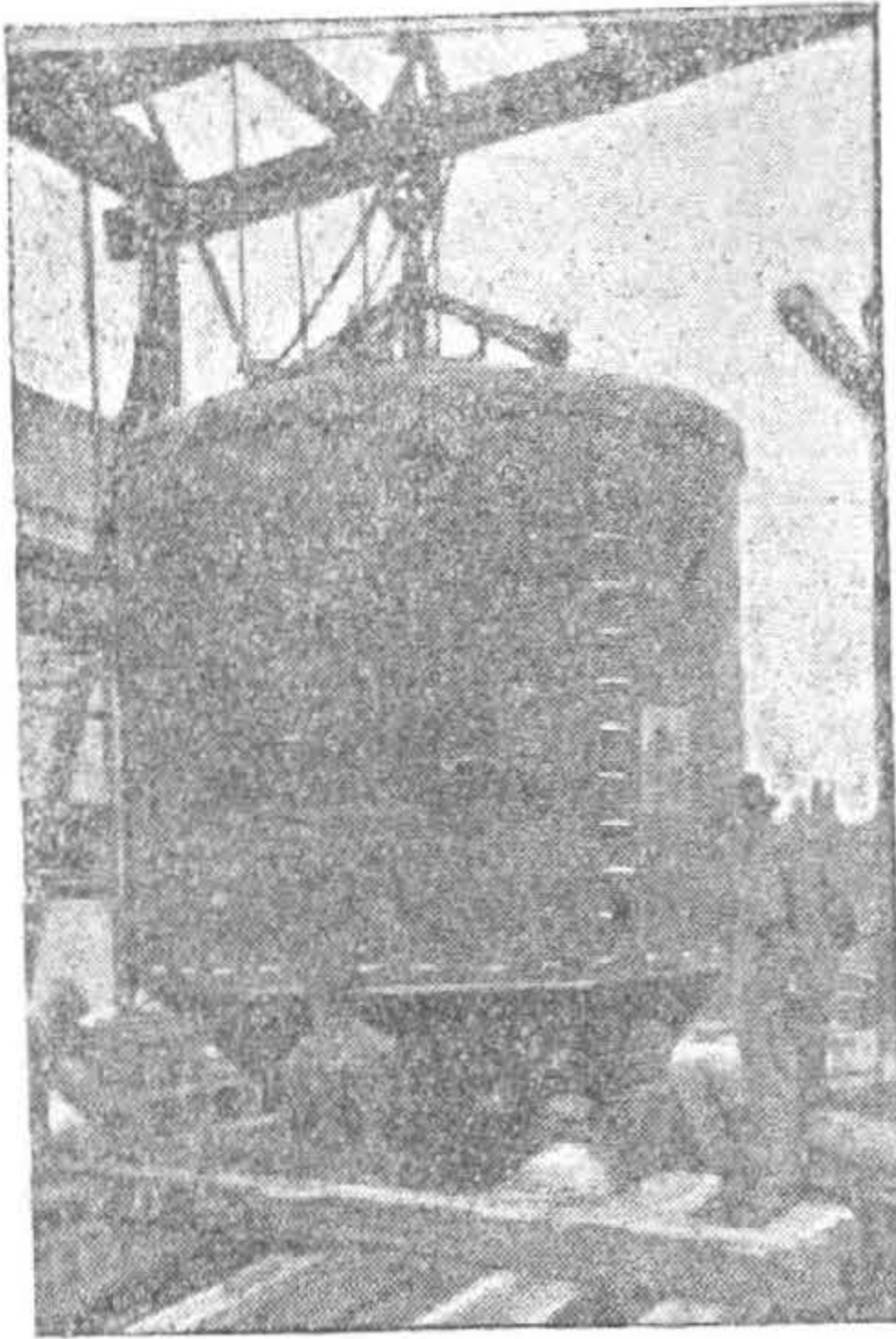


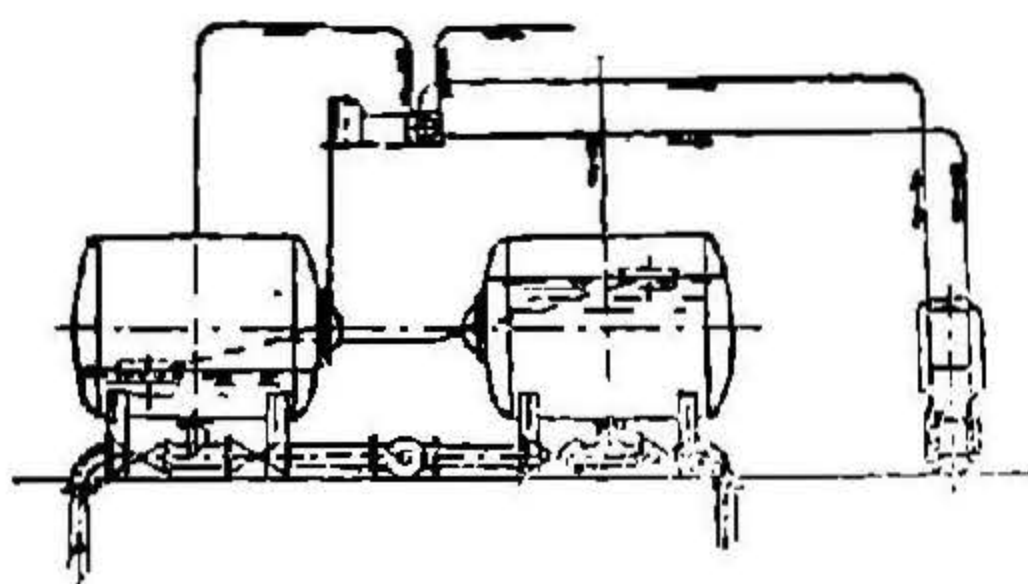
Рис. 180. Установка вакуум-котла (г. Нюрнберг).

При транспортировке ила из камер перегнивания (нижних частей двухъярусных отстойников или метан-танков) на иловые площадки пользуются при соответствующих топографических условиях трубами для отжима ила и закрытыми или открытыми илопроводами, при неблагоприятных топографических условиях приходится прибегать к установке либо центробежных насосов специального типа (иловых насосов), либо маммут-насосов, либо пневматических котлов.

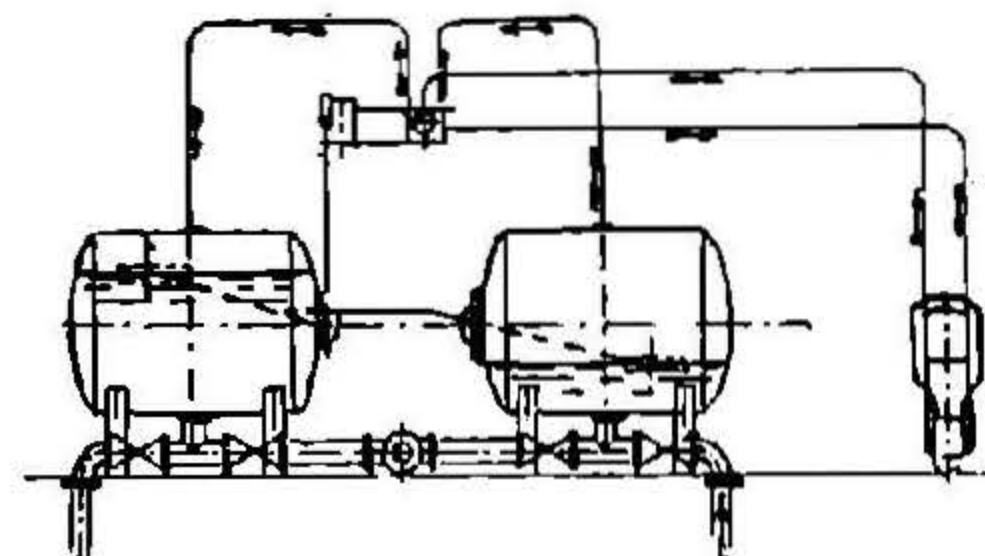
Транспортировка обезвоженного ила производится авто-гужевым транспортом, либо особыми составами специально приспособленных вагонеток с паром или электровозами.

Транспортировка обезвоженного ила в сельском хозяйстве на полевые участки, для их удобрения, производится обычно автогужевым транспортом, при чем доставка предусматривается лишь на складские участки, откуда тот ил уж и развозится непосредственно на полевые участки.

Стоимость транспортировки обходится при этом сравнительно дорого. В целях некоторой рационализации в этом вопросе автогужевой транспорт заменяют специальной узкоколейкой, при которой доставка обходится не-



Фиг. 1. Левый котел—а.



Фиг. 2. Правый котел—b.

Рис. 181. Система двойных вакуум-котлов.

сколько дешевле. Узкоколейкой ил доставляется к центральным складским участкам, а оттуда уж разбирается на отдельные полевые участки, куда доставляется гужем.

Дальнейшая рационализация в деле подачи ила на участки идет с одной стороны по линии еще большего обезвоживания ила, с другой стороны, наоборот, на участки подается совершенно необезвоженный ил, с целью использования его текучести для подачи в трубах или особых вагонетках.

Нормально обезвоженный ил содержит до 60 и больше процентов воды, т. е. на одну часть сухого вещества приходится 1,5 и более частей воды, иными словами, при транспортировании обезвоженного ила все же приходится перевозить автогужевым транспортом или узкоколейкой воду в количестве 150 и более процентов от веса самого ила (сухого ила).

С целью уменьшения содержания воды в иле после нормального его обезвоживания (на иловых площадках или вакуум-фильтрах) ил поступает на жаровые сушилки, на которых количество воды в иле может быть доведено до 10% и менее.

Жаровые сушилки представляют собою, обычно, два концентрических барабана, вращающихся вокруг горизонтальной оси. Сушка ила происходит горячими газами.

Высушенный таким образом ил обращается в твердые комья, требующие их измельчения на специальных мельницах в случае использования ила в целях удобрения.

При использовании для удобрения жидкого ила без предварительного обезвоживания его устраивают специальный силос для ила, примерным объемом в суточную норму поступающего с установки ила. Из загнивателей ил подается в силос, расположенный выше поверхности земли, чтобы легко можно было бы из него нагружать вагонетки для дальнейшей транспортировки ила по участкам.

На рисунке 183 изображен силос, устроенный в Мюнхене, емкостью в 250 м³.¹

Силос покоится на 10 столбах, выполнен он из железобетона. С целью защиты его от морозов сверху он покрыт деревянной крышей, а с боков деревянной облицовкой.

Вагонетки подводятся под силос, как это видно из рисунка 183, при чем, целый поезд нагружается в течение 10 минут.

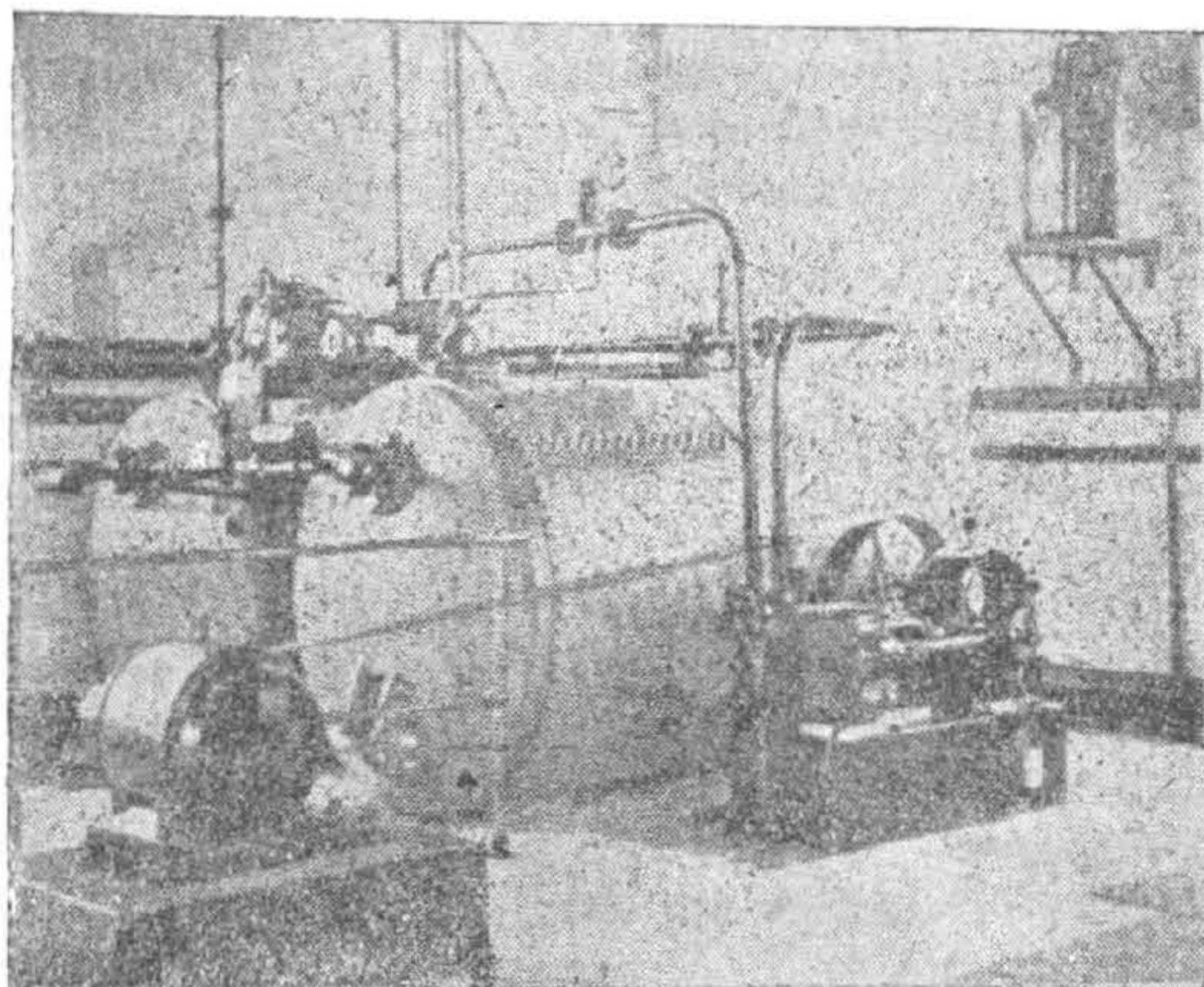


Рис. 182. Установка с двумя вакуум котлами.

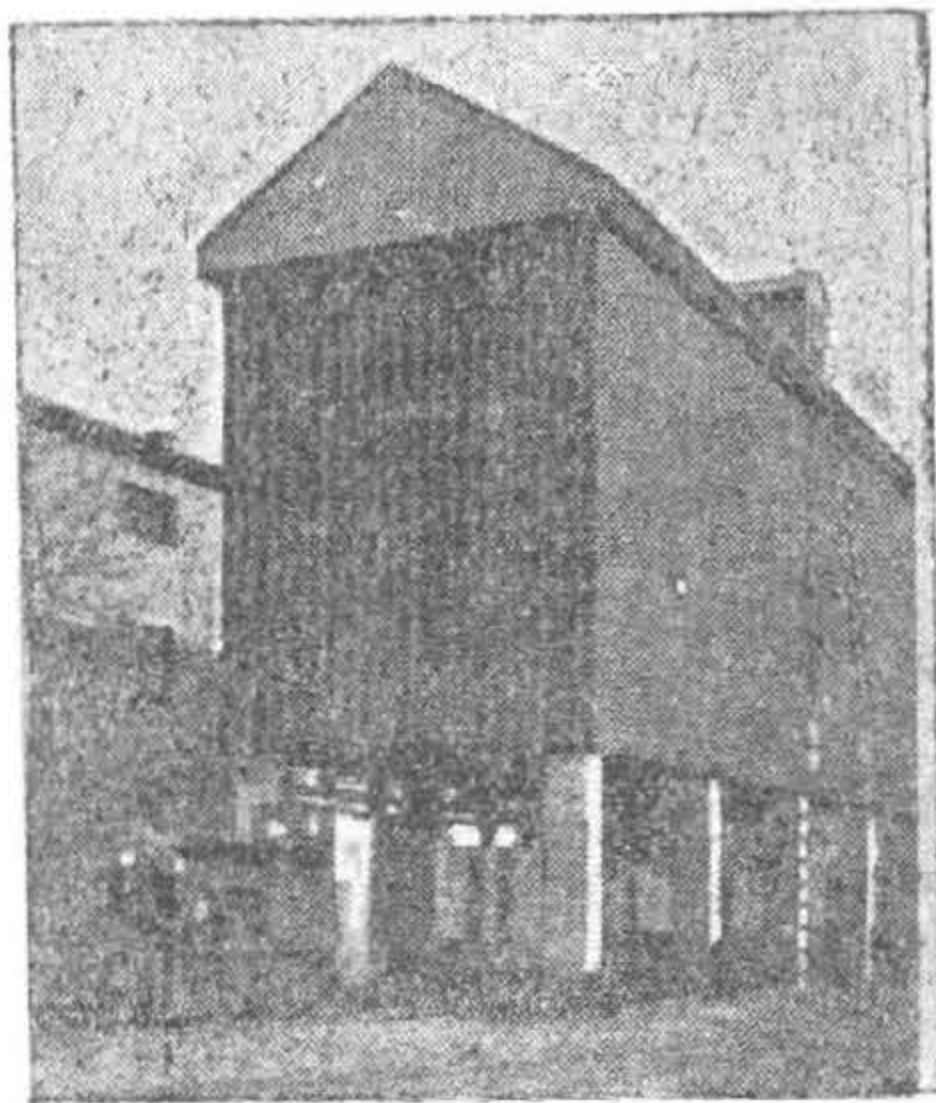


Рис. 183. Силос для сбора ила (г. Мюнхен).

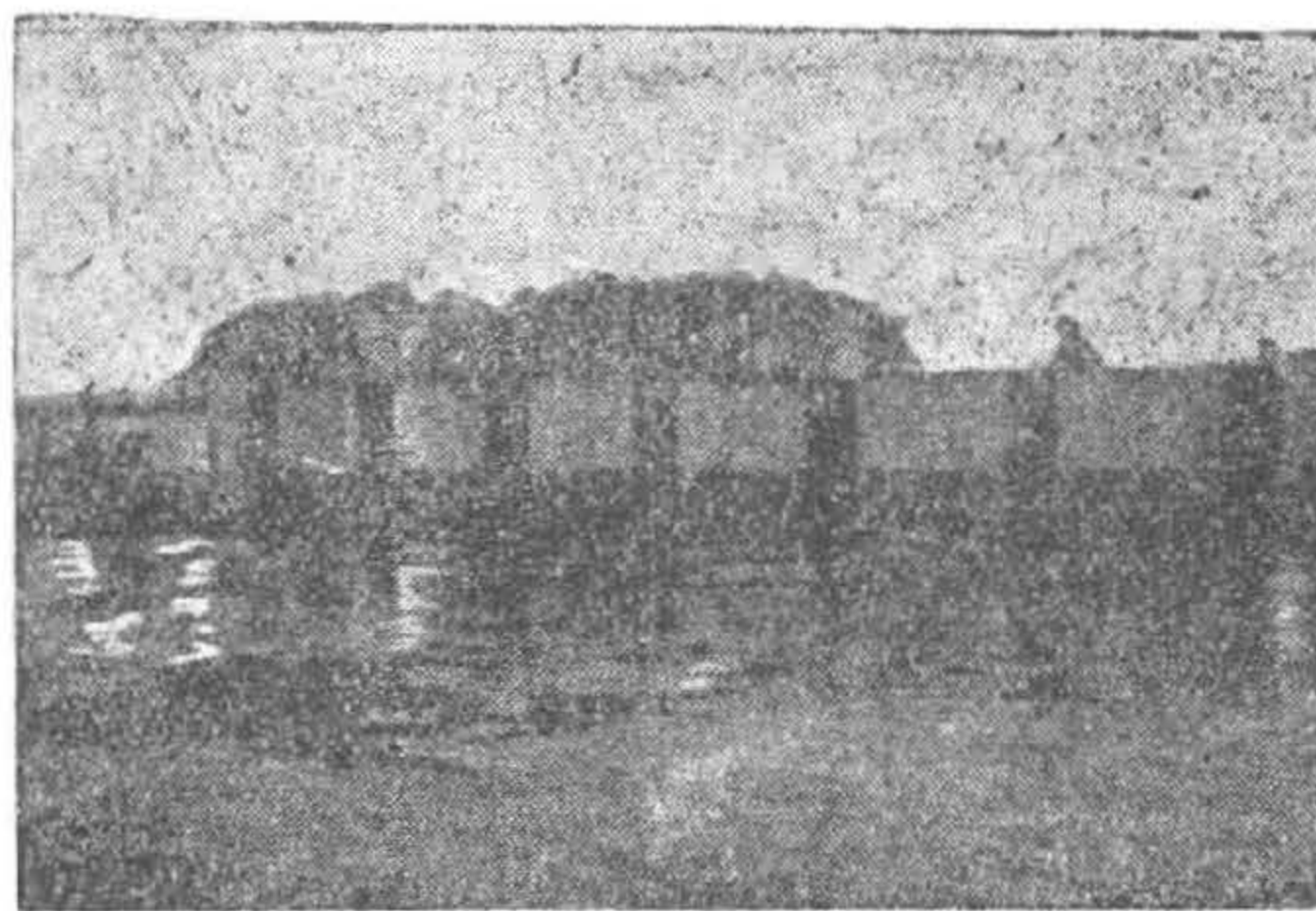


Рис. 184. Разгрузка поезда на иловых участках.

Силос располагают между очистной станцией и полями, где используется ил. Назначение его — часовое регулирование поступающего ила. Особенно отдалять силос от очистной станции не рекомендуется, так как ил в силос подается по трубопроводам, а потери напора в последнем, как выше изложено, довольно большие.

¹ Stecher E. und Keppner H., Erweiterung der Schlammabgabe auf der Münchener Kläranlage, 1932.

Жидкий ил вагонетками подвозится на участки. Однако, в удобрении участки нуждаются лишь в определенные периоды года (весной или осенью), а производство (получение) ила идет в течение всего года. В силу этого приходится в центре участков, использующих ил для удобрения, устраивать запасные резервуары для ила, представляющие собою обычный участок, обнесенный земляной дамбой в 0,7—1,0 м высотой. В этих запасных резервуарах ил частично обезвоживается (рис. 184).

§ 44

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЛА

В современных условиях обезвреженный ил находит себе применение в качестве удобрения в сельском хозяйстве или сжигается в виде брикетов.

Переходя к вопросу о нормах удобрения, следует отметить, что проф. Строганов указывает, что в виду отсутствия у нас в Союзе большого опыта с применением осадка в качестве удобрения к нормам следует подходить весьма ориентировочно.

По опытным данным агронома Савостьянова нормы эти определяются следующей таблицей осадка в тоннах на 1 га (таблица 26):

Таблица 26

Наименование культур	Нормы удобрения осадка в тоннах на 1 га
Злаки луговые	12
Вика с овсом	25
Корнеплоды	30
Капуста	40—65
Силосные культуры	30—40

Нормы даны для осадка зимнего, с содержанием воды 80—95%; для осадка летнего (70—80% воды) норма соответственно должна быть уменьшена.

При пользовании обезвоженным илом в качестве удобрения следует учитывать состав этого ила.

Нормальный ил хозяйственно-фекальных вод содержит потребный растениям азот, фосфор и калий не в должном соотношении, калия обычно не хватает и его следует искусственно прибавлять к осадку.

По американским данным, на основании результатов работы опытной установки в Акроне, следует прийти к заключению, что не все растения в одинаковой мере нуждаются в обезвоженном иле для удобрения.

Шальтцле (Schaltzle) сообщает, что в Акроне были использованы для постановки опытов два расположенных рядом участка, один из коих получил удобрение в количестве около 10 т ила на 1 м², другой этого удобрения не получил.

Состав ила был следующий: воды 47%, азота 1,6%, поташа 0,5% и фосфорной кислоты 0,67%.

Оказалось, что не все растения одинаково положительно реагируют на полученное почвой удобрение.

Так, для роста и урожайности гороха, салата, шпината и огурцов удобрение совершенно излишне; необходимость илового удобрения для петрушки и картофеля вызывает сомнения; при удобрении повышается немного урожайность бобов, лука и капусты; высокую урожайность дают кросс-салат, бурак и помидоры и очень большую урожайность дают сельдерей, бесстручковые бобы, пастернак, морковь, редиска, кукуруза и свекловица.

По данным Московской станции аэрации обезвреженный и обезвоженный ил со станции весьма охотно забирается на соседние со станцией огороды заводов им. Сталина и „Динамо“, при чем урожайность овощей повышается вдвое и больше.

Влияние ила на урожайность была изучена на установке в Эссен-Релингаузене Сирпом. Он произвел сравнительные испытания урожайности земли:

- а) без удобрения,
- б) с удобрением свежим илом,
- в) с удобрением выгнившим илом.

Опыты производились с посадкой моркови, бобов, капусты, картофеля и репы.

Результаты опытов Сирпа сведены в таблицу 27¹.

Таблица 27

Род овощей	Излишек (+) или недостаток (-) плодов в % по весу по сравнению с неудобренной почвой	
	Удобрение свежим илом	Удобрение выгнившим илом
1. Морковь	+ 16,8	+ 20,8
2. Бобы	+ 3,2	+ 46,8
3. Капуста		
а) Вирзинг	+ —	+ 63,6
б) Красная	+ 7,7	+ 16,8
в) Белая	+ 24,0	+ 47,7
4. Картофель	+ 17,6	+ 49,0
5. Репа	+ 7,0	+ 9,0

Приведенные данные о нормах повышения урожайности овощей при применении в виде удобрения канализационного ила следует рассматривать как грубо ориентировочные. Очевидно, в каждом отдельном случае эффективность применения ила должна определяться целым рядом местных условий: климатические и почвенные условия, характер ила, культура овощей и т. д. Одно несомненно, что применение ила безусловно сказывается на увеличении урожайности.

СПИСОК ОСНОВНОЙ ИСПОЛЬЗОВАННОЙ И ЦИТИРОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

РУССКАЯ ЛИТЕРАТУРА

- А т л а с М. И., инж., Пояснительная записка к проекту канализации гор. Баку по раздельной системе.
- Белов П. С., Биологическая очистка сточных вод, 1910.
- Вознесенский С. А., Об очистке сточных вод коагулянтами, 1927.
- Вознесенский С. А., Действие коагулянтов при очистке питьевых и сточных вод с физико-химической точки зрения, 1922.
- Гениев Н. Н., проф., Краткий курс водоснабжения, 1931.
- Данилов Ф. А., инж., Биологическая очистка сточных вод, 1912.
- Демидов Л. Г., инж., Предварительная обработка сточных вод, 1933.
- К. Дорр-Оливер, Каталог 7021.
- Дунбар, проф., Очистка сточных вод, 1910.
- Дурилин П. Н., инж., Очистительные сооружения для сточных вод в Германии, 1914.
- Жуков А. И., инж., Работы горизонтальных отстойников и их расчет, 1930.
- Жуков А. И., инж., Работа проточных горизонтальных отстойников и их режим, 1930.
- Жуков А. И., инж., Работа и расчет ловушек Фойта и фильтров Вольфа, 1932.
- Иванов В. Ф., проф., Очистка сточных вод, 1929.
- Корольков К. Н., Распад осадка сточной жидкости в анаэробных условиях, 1926.
- Корнилов К. П., инж., Об интенсивности процесса минерализации в стоячих и текущих водоемах, 1931.
- Макаров Н. С., инж., Устранение и утилизация канализационного ила, 1928.
- МКХ, Юбилейный сборник, посвященный 25-ти летию Совещания по очистке сточных вод, 1930.
- НИКХ, Сборник работ, Ленинград, 1933.
- Орлов А. Е., инж., Современные методы обработки, утилизации и удаления осадков сточных вод, 1931.
- Панов Н. Н. инж., Вертикальные отстойники, 1927.
- Роллан Е., Очистка сточных вод, 1932.
- Строганов С. Н., проф., Метан-танк, его расчет, 1930.
- Строганов С. Н., проф., Очистка сточных вод. Сборник работ под редакцией проф. Строганова, 1934.
- Строганов С. Н. проф., Методы биологической очистки, 1933.
- Строганов С. Н. и К. Н. Корольков, Биологическая очистка сточных вод, 1934.
- Цекомбанк, выпуск 5. Наружная канализация, 1932.
- Черкес, Д. С., инж., и Малишевский Н. Г., Пояснительная записка к проекту канализации Харькова.
- Черкес Д. С., инж., Канализация г. Харькова и ее очистные сооружения, 1922.
- Черкес Д. С., инж., Канализация г. Харькова.
- Черкес Д. С., проф., Краткий справочник проектировщика канализации, 1935.
- Чижов Н. К., проф., Канализация гор. Пятигорска.
- Шпилев Д. И., инж., Опыты по определению движения воды в отстойниках непрерывного действия, 1930.
- Якимов Г. В., инж., Современные типы эшеровских колодцев, 1927.
- Яковлев Е. А., инж., Хлорирование сточных вод.
- Пояснительные записки к проектам канализации городов: Винница, Луганск, Сталино, Херсон, Николаев, Никополь и др.
- Журнал „Санитарная техника“.
- Труды Водопроводных и сан-технических съездов.

ИНОСТРАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Bach H., Die Abwasserreinigung, 1927.
- Bach H., Neues von den Chicagoer Abwasserkläranlagen, 1932.
- Bach H., Neues von den Milwaukeeer Abwasserkläranlagen, 1932.
- Blunk H., Beitrag zur Berechnung von Faulräumen, 1925.

- Blunk H. und Sierp F., Gewinnung und Verwertung des Gases aus Faulräumen Städtischer Kläranlagen, 1923.
- Bohm B., Gewerbliche Abwasser, 1928.
- Breuer Werk. Abteilung Geiger.
- Camillo Popp, Ueber die Beseitigung der festen Städtischen Abfallstoffe, 1933.
- Chemical Treatment Adopted for Dearborn's Sewage, 1932.
- Dorr-Gesellschaft, Die Reinigung von Wasser und Abwasser.
- Ehnert G., Die Entsandung städtischer Abwasser, 1927.
- Engelbert, Die neue Kläranlage der Stadt Bonn, 1935.
- Fuller G. W., Recent Progress in Sewage Treatment, 1933.
- Gedschold E., Moderne Abwasserreinigungsanlagen in Sachsen, 1927.
- Geigerische Fabrik. Sonder-Katalog über Einrichtungen für Kläranlagen.
- Hauffstengel und Müller, Die Kläranlage Nürnberg-Nord, 1932.
- Hellmann, Erfahrungen mit der Künstlichen Erwärmung von Schlammfaulräumen in der Kläranlage der Stadt Halle, 1932.
- Husmann W., Kritische Betrachtungen zum Wirkungsgrad verschied. Arten v. Faulräumen, 1932.
- Imhoff K., Taschenbuch der Stadtentwässerung, 1925, 1932.
- Imhoff K., Fortschritte der Abwasserreinigung, 1925.
- Imhoff K., Die grosse Linie in der Abwassertechnik, 1933.
- Imhoff K., Die Schlammbehandlung in der Emscherbrunnen, 1910.
- Koefler C. E. and Cromwell E. C., The dewatering of sludge by vacuum filtration, 1932.
- Kusch M., Moderne Absetzanlagen ohne Schlammkratzer, 1932.
- Koefler C. E., Large Scale Sludge Digestion Experiments at Baltimore, 1933.
- Kusch, Die Belebtschlamm-Kläranlagen der Kreisstadt Templin, 1931.
- Kromer, Kläbrunnen, 1933.
- Langbein F. und Weise E., Die Entwicklung der Abwasser-Reinigungsverfahren und das Berliner Grossklärwerk Stahnsdorf, 1932.
- Langdon P., Dewatering and Incineration of Sewage Sludge Under Test at Chicago, 1932.
- Lowe A. S., The logical design of separate Sludgedigestion plant, 1933.
- Maschinenfabrik Buckau. Hamburger Forderrechen.
- Metaalf L. and Eddy P., American Sewerage practice.
- Miller E. C., Chemical-mechanical treatment of sewage and sewage sludge at Dearborn, 1933.
- Mohr O., Mechanische Kläranlagen für Städte und Gemeinden, 1931.
- Mohr E. und Preuss. Die Bedeutung des Fett- und Schwimmstoffgehalts Städtischer Abwasser für Aufbau und Betrieb mechanischer Frischwasser-Kläranlagen, 1932.
- Mohr O., Neuzeitliche Abwassertechnik der Industrie, 1928.
- „Oms“. Kläbrunnen, 1932.
- Prüss M. und Blunk H., „Die Abwasserbehandlung der Stadt Soest in Westf., 1933.
- Prüss M., Fortschritte in der Ausfäulung von Abwässerschlamme 1928.
- Prüss M., Beschleunigung der Zersetzung in Schlammfaulräumen, 1927.
- Radermacher W., Die Abwasserreinigungsanlage in Troisdorf, 1925.
- Rudolfs W., Baumgarten W. H. and Setter L. R., Effect of coagulants on sludge digestion, 1932.
- Rudolfs W., Willem and Miles, Heat loss from sludgedigestion tanks, 1933.
- Rümsey I. R., The Utilization of By-Products of Sewage Disposal, 1933.
- Scheitrow, Die Abwasserreinigungsanlage in Dresden, 1932.
- Sierp u. Fräsemeier. Fortschritte in der Kenntnis der biochemischen Abfallstoffe, 1933.
- Seeger W., Bau u. Betriebserfahrungen der Stadtentwässerungsamt in Duisburg-Hamborn, 1932.
- Stechert E. und Keppner H., Erweiterung der Schlammabgabe auf der Münchener Kläranlage, 1932.
- Stade. Die biologische Kläranlage in Erfurt, 1932.
- Schmitz-Lenders D. und Jung, Versuche des Niersverbandes zur elektrischen Abwasserreinigung, 1932.
- Stevenson, Ralph A., Chemical sewage purification at Palo-Alto, 1933.
- Strell M., und Amberger O., Der Uebergang zum Flachbecken mit maschineller Schlammabgabe bei Städtischen Grosskläranlagen, 1932.
- Skinner I. E., Sludge diging beds, 1931.
- Simplex, Sludge digestors The Surveyor, 1934.
- Tux-Ultra, Die neuzeitliche frischwasser-Kläranlage.
- Teschner W., Abwasser Hauskläranlagen, 1931.
- Wempe P., Die Abwasserreinigungsanlage der Stadt Höchst am M. 1926.
- Weidlich, Die neuzeitlich umgebaute Kläranlage im Blankenburg am Harz, 1930.
- Walraven, W. B., Development of power from sewage sludge gas, 1932.
- Winter E., Die Reinigung städtischer Abwasser mittels Schlammbelebung, 1931.
- Wurlr W., Maschinenfabrik, 1921.
- 25 Jahre Emschergenossenschaft, 1927.
- Журналы: „Wasser und Abwasser“, „Gesundheits Ingenieur“, „Technisches Gemeindeblatt“, „The Surveyor“, „Sewage Works Journal“, „Water Works and Sewerage“.

ПРИЛОЖЕНИЕ

НОРМЫ РАСЧЕТА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ИЗ „ВРЕМЕННЫХ ПРАВИЛ“

для проектирования хозяйственно-фекальных канализаций населенных мест¹, утвержденных в декабре 1933 г. Наркоматом Коммунального Хозяйства РСФСР.¹

§ 1. РЕШЕТКА

1. Решетка, как первый элемент очистных сооружений, необходима в том случае, если в составе очистных сооружений имеются отстойники. Если вся сточная вода подается насосной станцией, то решетка на очистных сооружениях ставится только в том случае, если прозоры решетки на насосной станции более 20 мм.

2. При полях орошения и фильтрации без предварительного отстоя, необходимость и размеры решетки определяются местными условиями.

3. При установке решетки на очистных сооружениях принимаются:

- а) прозоры решетки 20 мм;
- б) суммарная площадь свободных прозоров рабочей части решетки 1,2 от полевой площади сечения канала,
- в) количество отбросов, снимаемых с решетки на одного человека в год в обычных условиях 5 л при влажности отбросов 80%.

§ 2. ПЕСКОЛОВКА

1. В составе очистных сооружений песколовка должна быть безусловно предусмотрена если в схеме очистных сооружений намечены отстойники. Однако, песколовка может быть построена и не в первый период строительства очистных сооружений.

2. Расчетные нормы для песколовки принимаются следующие:

- а) скорость в песколовке при максимальном расходе не более 0,30 м/сек, а при минимальном расходе не менее 0,05 м/сек;
- б) время протока при максимальном расходе не менее 30 сек.
- в) количество осадка на одного человека в день 0,03 кг при влажности осадка 50% и удельном весе его около 2,0.

§ 3. ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ ОТСТОЙНИКИ

Расчетные нормы для горизонтальных отстойников принимаются следующие:

- а) время отстоя 1 час по максимальному расходу;
- б) расчетная глубина отстойника от поверхности воды не более 1 м;
- в) количество выпадающего ила с влажностью 95% на одного человека в сутки 0,7 л;
- г) удаление ила из отстойника не реже, чем через 5 дней;
- д) нейтральный слой между расчетной глубиной протока и поверхностью ила 0,5 м;
- е) уклон дна не менее 0,01 (при отсутствии механизации уборки ила);
- ж) отношение длины отстойника к ширине не менее 4;
- з) скорость движения жидкости в отстойнике не более 5 мм/сек по максимальному расходу.

Примечание: В случае выпуска осветленной сточной жидкости непосредственно в водоем, время отстоя (и прочие зависящие от него нормы) могут быть изменены в сторону снижения по согласованию этого вопроса с саннадзором. Указанное примечание действительно и для вертикальных отстойников и эмшеров.

¹ Перепечатано из „Сборника трудов канализационного сектора к V Всесоюзному Водопроводному Съезду“, 1934

§ 4. ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ОТСТОЙНИКИ

Расчетные нормы для вертикальных отстойников принимаются следующие:

- а) вертикальная скорость под'ема воды равна 1 мм/сек, считая по максимальному часовому расходу или по максимальной подаче насосов (при наличии станции перекачки);
- б) время под'ема воды по соответствующему максимальному расходу равным 1 часу;
- в) количество выпадающего ила с влажностью 95% на одного человека в сутки 0,8 л;
- г) скорость в опускной вертикальной трубе не более 30 мм/сек, если нет отражающего щита.
- д) объем иловой части отстойника на трехсуточный объем ила;
- е) уклон днища не менее 45°;
- ж) свободный напор для выпуска осадка не менее 1,5 м при диаметре илоотводящей трубы 200 мм;

Примечание: Суточное количество выпадающего ила удаляется ежедневно.

§ 5. ЭМШЕРСКИЕ КОЛОДЦЫ

Расчетные нормы для эмшеров принимаются следующие:

- а) количество выпадающего ила с влажностью 95% на одного человека в сутки 0,7 л;
- б) объем отстойной части принимается равным часовому расходу, считая по максимальному притоку (по самотеку или по подаче насосов);
- в) расчетная глубина желоба не более 2 м до щели;
- г) нейтральный слой, считая от щели желоба до расчетной поверхности ила, 0,5 м;
- д) свободная поверхность для плавающего ила не менее 20% от всей поверхности эмшерского колодца;

е) объем гнилостной камеры эмшерского колодца для центральных районов СССР при малых установках (с расходом до 1000 м³/сутки воды) должен быть равен 75 л на одного человека, присоединенного к канализации. Для больших очистных сооружений (при расходе воды свыше 10.000 м³/сутки) объем гнилостной камеры следует принимать 60 л на одного человека. При промежуточных мощностях очистных сооружений (от 1000 до 10.000 м³/сутки) необходимый объем гнилостной камеры эмшерского колодца определяется интерполяцией. Для более южной части СССР, Северного Кавказа, юга Украины и т. д. объем гнилостной камеры эмшерского колодца следует принимать соответственно 60 и 45 л на одного человека, присоединенного к канализации. Для юга СССР (Закавказье и т. п.) следует брать соответственно 45 и 30 л.

В том случае, если известна средняя температура сточной жидкости по месяцам, то исходя из температуры жидкости в зимнее время, можно принимать объем гнилостной камеры согласно следующей таблицы:

Т а б л и ц а 27

t°С	Время перегнивания	Объем в л на одного жителя
6	210	110
7	180	95
8,5	150	79
10	120	63
12	90	47
15	60	31
20	30	16
25	21	11

ж) в том случае, если в эмшерский колодец поступает избыточный ил из аэротенка, то объем гнилостной камеры увеличивается против предыдущего на 60%;

з) в том случае, если в эмшерский колодец поступает ил из отстойника после биофильтра (вторичного отстойника), то объем гнилостной камеры увеличивается на 30%;

и) уклон днища иловой камеры не менее 30° с горизонталью;

к) уклон стенок желоба с горизонталью не менее 50°—1,2:1 (вертикальный : горизонтальный.)

л) размер щели желоба 100 — 150 мм;

м) свободный напор для выпуска ила должен быть не менее 1,5 м и не более 2,0 м при диаметре илоотводящей трубы 200 мм.

§ 6. МЕТАН-ТЭНК

Расчетные нормы для метан-тенков принимаются следующие:

- а) температуру ила в метан-тенке следует иметь 20 — 25°С;
- б) объем метан-тенка 10 л на одного человека;
- в) в том случае, если в метан-тенк поступает избыточный ил из аэротенка, то объем гнилостной камеры увеличивается против предыдущего на 60%;

- г) в том случае, если в метан-танк поступает ил из отстойника после биофильтра (вторичного отстойника), то объем гнилой камеры увеличивается на 30%.
- д) суточная загрузка ила в метан-танке равна 6 — 8% от объема камеры метан-танка;
- е) распад осадка в метан-танке принимается 50%;
- ж) количество газа на одного человека в сутки 10 — 15 л;
- з) осадок метан-танка при выпуске из отстойника и при выпуске перегнившего ила имеет одну и ту же влажность — 95%;
- и) в случае подогрева ила горячей водой — температура последней принимается 90°;
- к) для ориентировочных предварительных прикидок количество горячей воды зимой принимается 3 — 5% от объема метан-танка.

§ 7. БИОФИЛЬТРЫ

1. Сточные воды до напуска на биофильтры должны предварительно пройти через отстойники.

2. Расчетные данные для биофильтров принимаются следующие:

- а) высота загрузки берется 2 м.
- в) объем загрузки из котельного шлака на одного человека 0,20 м³.

Примечание: 1. Принятая норма загрузки дана при отношении максимальной часовой подачи на фильтр к среднечасовой за сутки не более 2:1. При другом соотношении объем загрузки биофильтра должен быть соответственно увеличен.

II. Объем загрузки приведен для сточной жидкости со средней зимней температурой 10°C, при других температурах жидкости объем загрузки изменяется обратно пропорционально температуре.

в) в случае крайней затруднительности получения котельного шлака допускается загрузка биофильтра и из других материалов.

Для материалов, указанных ниже, объем загрузки берется в сторону увеличения со следующими ориентировочными коэффициентами:

Гравий	1,50
Щебень	1,20
Торф	1,20

г) интервал между двумя орошениями поверхности биофильтра должен быть не более 15 мин, считая по среднечасовому расходу;

д) при загрузке шлаком одноступенчатых биофильтров крупность загрузки берется следующая:

- I слой внизу на высоту 0,20 м крупностью 70 — 50 мм.
- II слой внизу на высоту 1,10 м крупностью 40 — 20 мм.
- III слой внизу на высоту 0,80 м крупностью 20 — 10 мм.

§ 8. ОТСТОЙНИК ПОСЛЕ БИОФИЛЬТРА (ВТОРИЧНЫЙ ОТСТОЙНИК)

Расчетные данные для этих вторичных отстойников принимаются следующие:

- а) время протока по максимальному расходу равным 30 мин;
- б) расчетная глубина собственно отстойной части горизонтального отстойника от поверхности воды не более 1 м;
- в) иловая часть отстойника в объеме, рассчитанном для горизонтального отстойника на количество ила, выпадающего в течение 5 дней, для вертикального — 3 дней; удаление осадка должно быть ежедневное;
- г) в вертикальном вторичном отстойнике вертикальная скорость подъема воды равной 1 мм/сек, считая по максимальному часовому расходу;
- д) скорость в опускной вертикальной трубе не более 30 мм/сек, если нет отражающего щита.
- е) уклон днища вертикального отстойника не менее 45°;
- ж) свободный напор для выпуска осадка не менее 1,2 м при диаметре отводящей трубы 200 мм;
- з) количество выпадающего ила с влажностью 90% равно на одного человека в сутки 0,20 л.

Плавающая доска должна быть погружена ниже уровня подмости на 0,25 м.

§ 9. ДЕЗИНФЕКЦИЯ СТОЧНЫХ ВОД

Расчетные данные для дезинфекционных устройств принимаются следующие:

- а) время контакта 20 мин. по максимальному расходу;
- б) в качестве резервуара для контакта с хлором может быть использован отстойник после биофильтра. Вторичный отстойник после аэро-танка не может быть использован;
- в) дозировка активного хлора устанавливается санитарным надзором и ориентировочно может приниматься:
 - 1) для отстоянной сточной жидкости 25 г/м³;
 - 2) для биологически очищенной жидкости 10 г/м³;
- г) в случае применения для дезинфекции хлорной извести для подсчетов содержания хлор-

ра в пролажной хлорной извести ориентировочно можно принимать 20% содержания активного хлора.

§ 10. ИЛОВЫЕ ПЛОЩАДКИ

Расчетные данные для иловых площадок принимаются следующие:

- а) высота напуска годового слоя ила равна:
- 1) после отстойника — 1,0 м;
 - 2) " эмшерского колодца — 1,5 м;
 - 3) " метан-тэнка — 3,0 м;
- б) напуск на 1 раз летом слоем 0,25 м, а зимой может быть увеличен до 0,50 м;
- в) влажность подсушенного ила принимается 80%;
- г) при искусственном дренажном слое загрузка его состоит из:

шлака или графия 200 мм
песка 200 мм.

д) количество ила, опускаемого из эмшерских колодцев, подсчитывается, исходя из влажности ила в 90% и распада ила 50%;

е) количество ила, опускаемого из метан-тэнка, подсчитывается, исходя из влажности 95%, распада ила 50%.

§ 11. АЭРО-ТЭНК

Расчетные данные для аэро-тэнка принимаются следующие:

- а) количество активного ила (с водой), перекачиваемого постоянно из отстойников за аэро-тэнком (циркулирующий объем), равно 50% от количества сточной воды;
- б) высота аэро-тэнка от 2 до 4 м;
- в) объем аэро-тэнка и расход воздуха, отнесенные к одному жителю, присоединенному к канализации, определяются по следующей таблице:

Т а б л и ц а 23

Метод подачи воздуха	Дырчатые трубы		Фильтрососы	
	2	4	2	4
Глубина аэро-тэнка в м	2	4	2	4
Объем аэро-тэнка в м ³	0,023	0,032	0,016	0,016
Расход воздуха в м ³ /сутки	5,0	2,5	2,5	1,25

Примечание: См. первый и второй пункты примечания к следующему разделу.

§ 12. АЭРОКОАГУЛЯТОР И РЕГЕНЕРАТОР

Расчетные данные для этих сооружений принимаются следующие:

- а) количество активного ила (с водой), перекачиваемого постоянно в аэрокоагулятор (циркулирующий объем) равен 50% от количества сточной воды;
- б) высота резервуара аэрокоагулятора и регенератора от 3 до 4 м;
- в) объем аэрокоагулятора и регенератора и расход воздуха, отнесенные к одному жителю присоединенному к канализации, определяются по следующей таблице:

Т а б л и ц а 24

Метод подачи воздуха	Дырчатые трубы		Фильтрососы	
	2	4	2	4
Глубина резервуара в м	2	4	2	4
Объем резервуара в м ³	0,0083	0,008	0,008	0,004
Расход воздуха в м ³ /сутки	1,25	1,62	0,62	0,81

г) объем сооружений и количество воздуха, данные в таблице, распределяются между аэрокоагулятором и регенератором.

Примечание: Объем резервуара и расход воздуха для аэро-тэнка, аэрокоагулятора и регенератора даны, исходя из равномерной подачи сточной жидкости. При неравномерном притоке приведенные выше цифры увеличиваются пропорционально коэффициенту неравномерности часового расхода.

Приведенные выше нормы расхода воздуха и объема сооружений даны как примерные ввиду недостаточности опытных данных и невозможности заранее учесть влияние того или иного состава сточной воды города.

Данные нормы должны служить лишь для расчета сооружений первой очереди.

НБ
УДУНТ
(ДИТ)

Для расчета второй очереди учитываются результаты эксплуатации сооружений, выстроенных в первую очередь.

§ 13. ОТСТОЙНИК ЗА АЭРО-ТЭНКСМ ИЛИ ЗА КОАГУЛЯТОРОМ (ВТОРИЧНЫЙ ОТСТОЙНИК)

Расчетные данные для этих отстойников принимаются следующие:

- а) движение жидкости вертикальное;
- б) вертикальная скорость по максимальному расходу 0,50 мм/сек из расчета на жидкость, поступающую в резервуар (без учета активного ила);
- в) время отстаивания по максимальному расходу 1 час;
- г) объем иловой части на трехчасовое количество выпадающего активного ила;
- д) откачка ила непрерывная;
- е) содержание воды в иле 98%;
- ж) количество прироста активного ила на одного человека равно 1 л/сутки.

§ 14. ПОЛЯ ФИЛЬТРАЦИИ

Поля фильтрации рассчитываются на следующих основаниях:

- а) для предварительных ориентировочных подсчетов нагрузка на 1 га берется следующая:

грунт песок	—	125 м ³ /га	сутки	в	среднем;
грунт супесок	—	75	"	"	"
грунт суглинок	—	50	"	"	"
грунт глина	—	20	"	"	"

Площадь полей фильтрации проверяется на намораживание сточной жидкости в зимнее время;

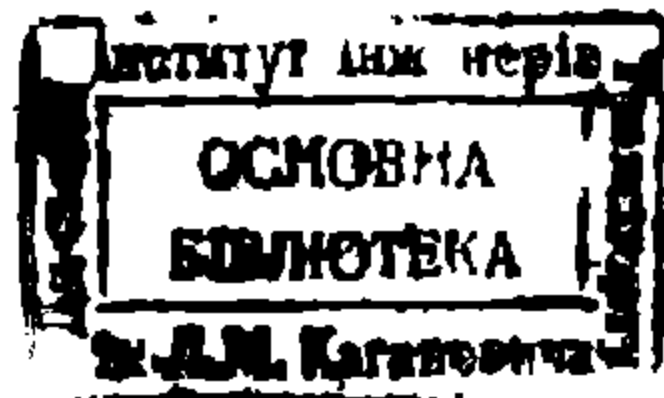
- б) в случае предварительного отстаивания сточной жидкости нормы по п. п. 1 и 2 повышаются в 1,5 раза;
- в) на канавы, валы и дороги прибавляется ориентировочно площадь до 20% от полезной площади полей фильтрации;
- г) период напусков 5 — 10 дней;
- д) высоты валиков не более 1 м.

§ 15. ПОЛЯ ОРОШЕНИЯ

Поля орошения рассчитываются на следующих основаниях:

- а) летняя нагрузка на поля орошения устанавливается в зависимости от почвенных и климатических условий и культуры растения.
Зимняя нагрузка определяется вместимостью карт (высотой валиков), климатическими условиями и характером культур.
- б) на случай уборки урожая и возможных перерывов в орошения культурных площадей — необходима дополнительная площадь для запасных карт фильтрации в размере около 25% расчетной для полей орошения (в зависимости от свойств почвы).

3243



НБ
УДУНТ
(ДІІТ)

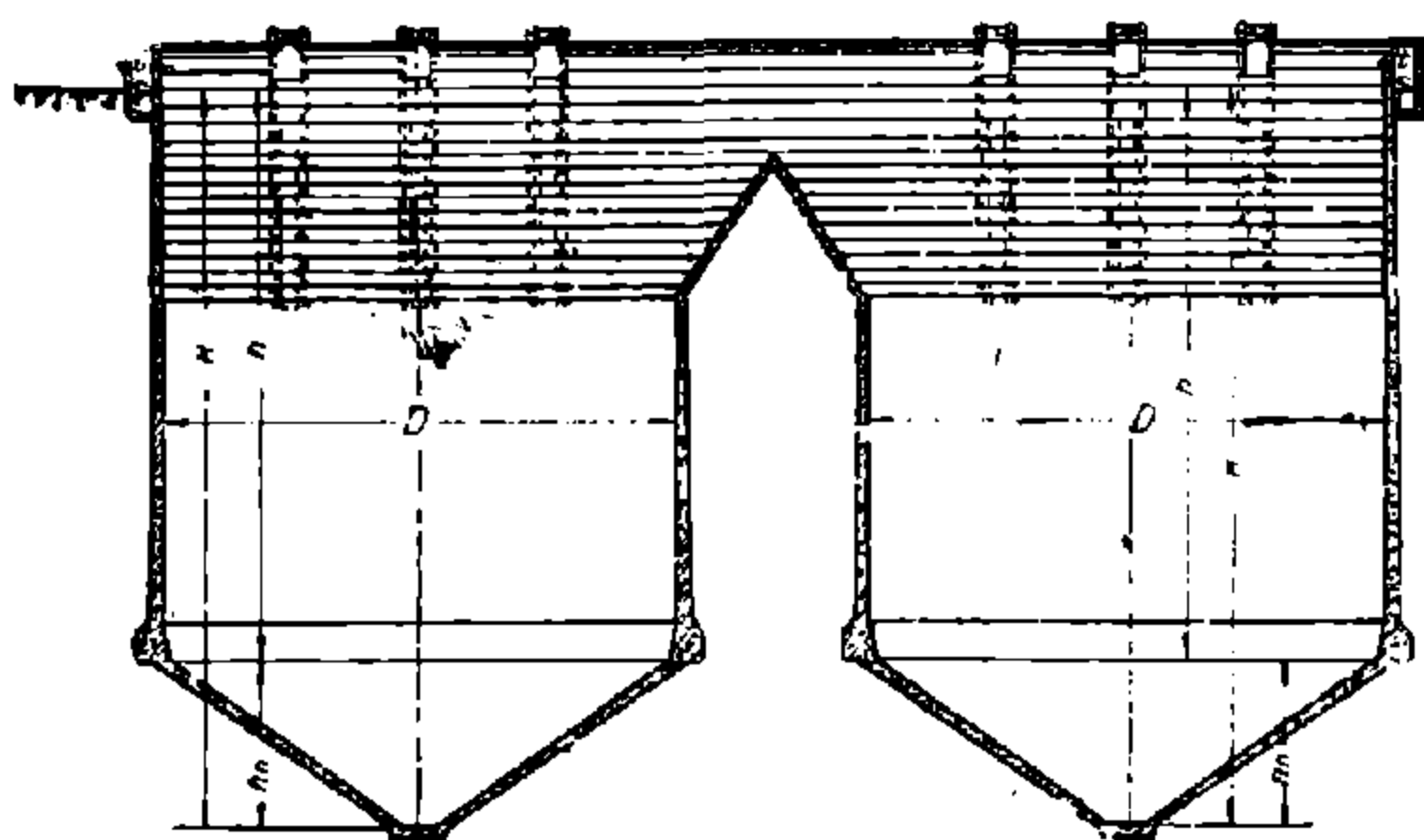
О П Е Ч А Т К И

Страница	Строка	НАПЕЧАТАНО	СЛЕДУЕТ ЧИТАТЬ
24	14 снизу	цилиндрической	цилиндрической
32	12 сверху	V_p	V_{cp}
38	12 сверху	17,0 — 18,5 кв.	17,0 — 18,5 кв. час.
45	17 снизу	$\frac{c-f}{e}$	$\frac{e-f}{e}$
50	Рис. 55	по Штеперначелю	по Штейернагелю
56	1 снизу	3,485 м ²	34,85 м ²
66	7 сверху	в составе сточных вод промышленных предприятий	в составе сточных вод, вод промышленных предприятий
89	10 снизу	можно на примере видеть как в современных условиях пущенной	можно видеть на примере пущенной в современных условиях
93	2 сверху	водоизменивший	видоизменивший
102	16 снизу	рисунка 106	рисунка 113
109	Рис. 119	План	Продольный разрез
109	Рис. 120	Продольный разрез	План
133	4 и 5 сверху	1. В сухом иле орган. вещ. минер. вещ.	1. В сухом иле орган. вещ. минер. вещ.
134	28 сверху	отстойника	метан-танка
164	таблицы	фильтрососы	фильтросы

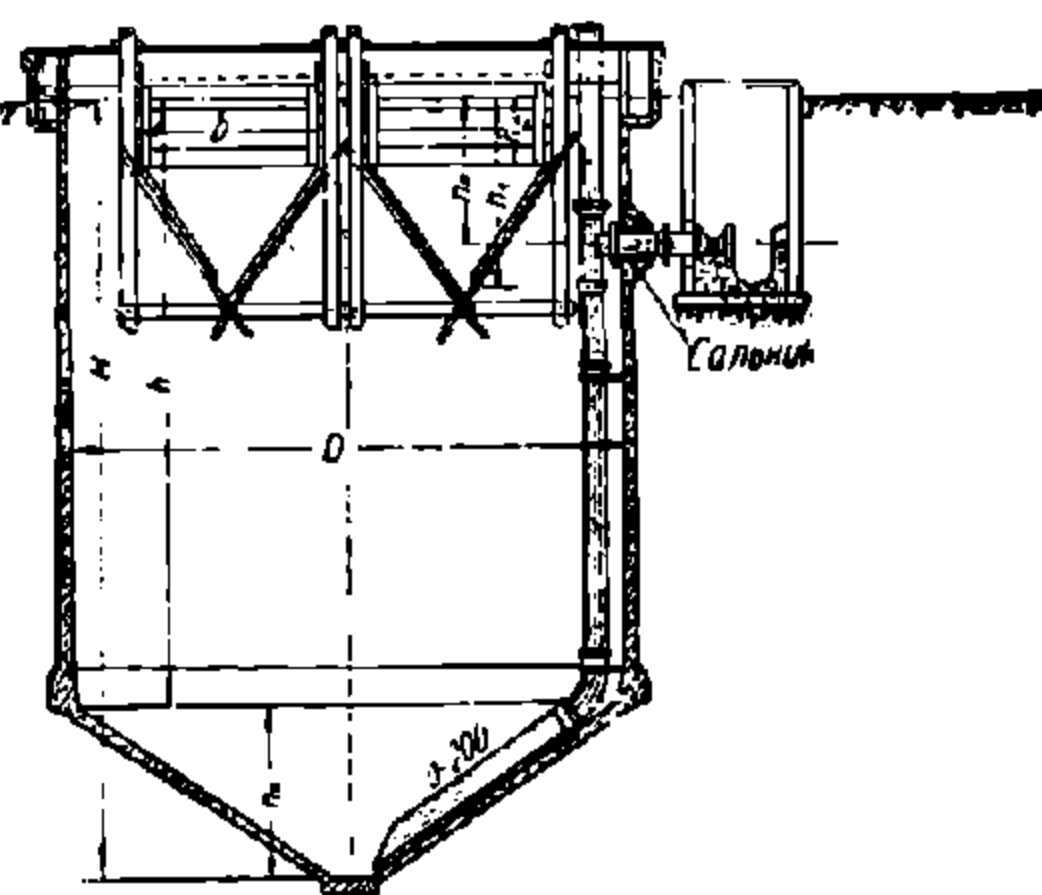
На рис. 13 (стр. 24) план песколовки нужно повернуть на 180°

НБ
УДУНТ
(ДИТ)

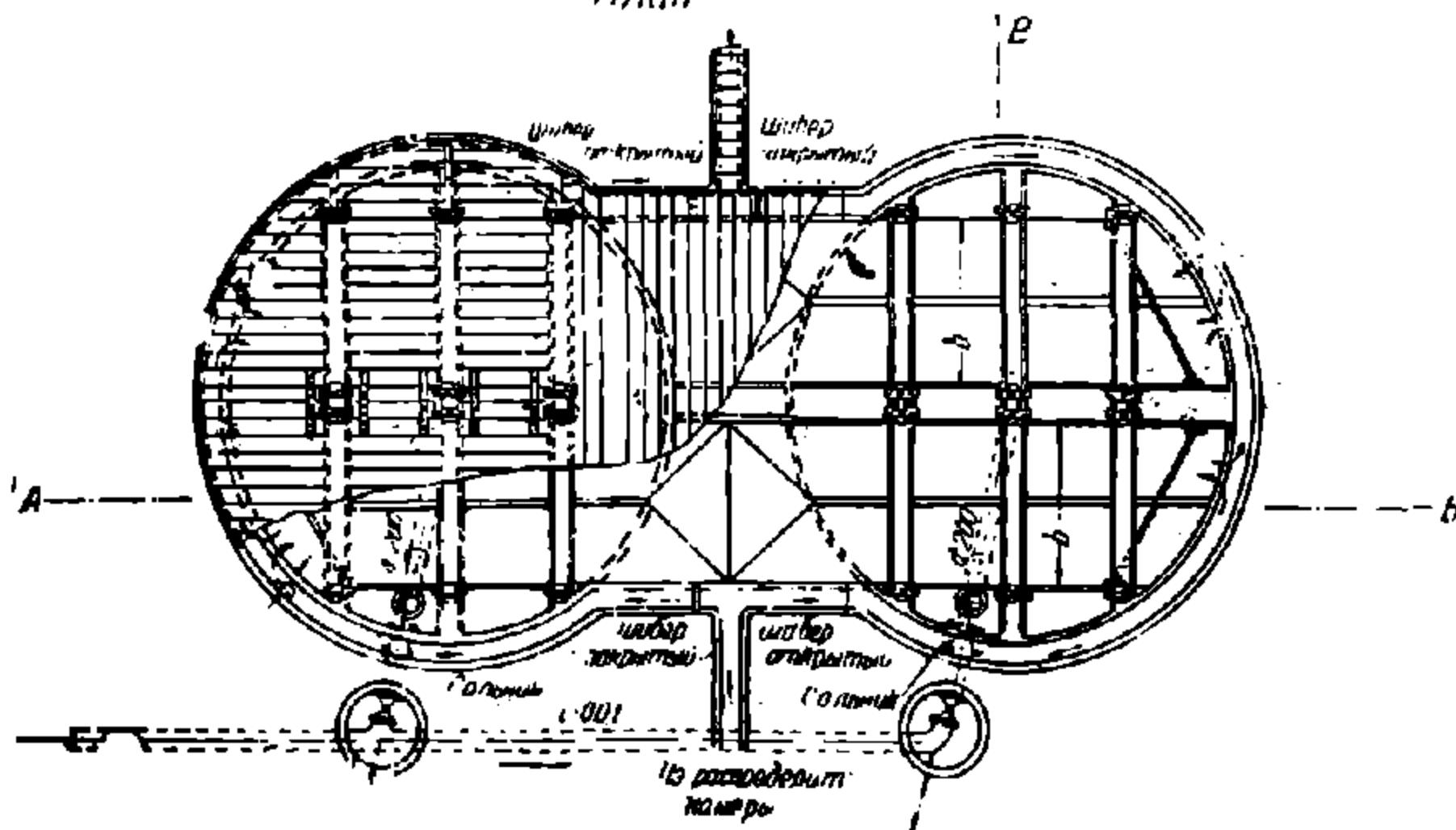
Разрез по А-В



Разрез по В-Г

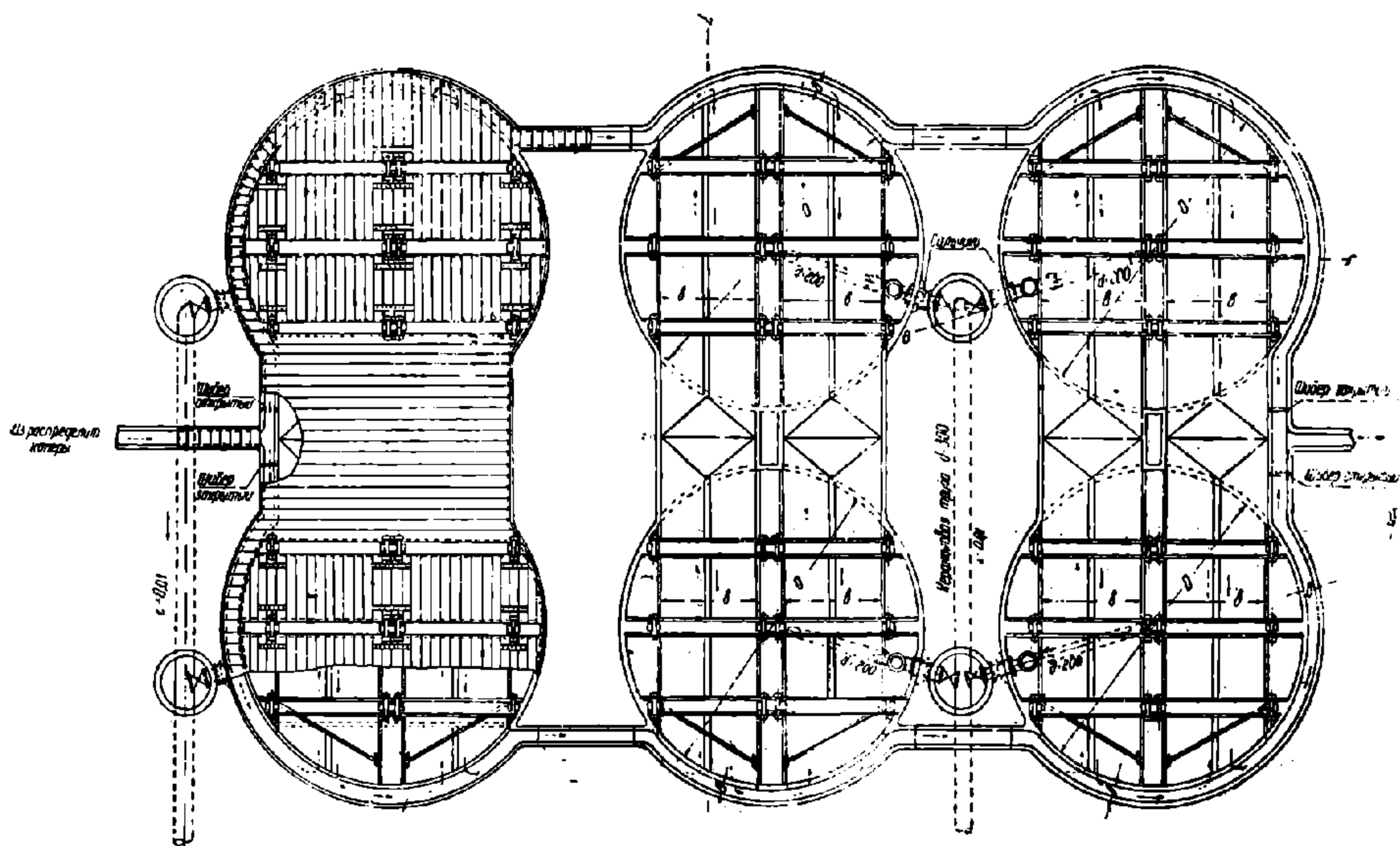


План



Фиг. 10. Спаренный эшперский колодезь (Союзводострой)

НБ
УДУНТ
(ДИТ)



Фиг. 11. Групповое расположение спаренных амперских колодцев (Союзводострой)

НБ
УДУНТ
(ДИТ)

Цена 6 р. — к.
перепл. — 50 к.

Сканувала Шевченко О. Г.

НБ
УДУНТ
(ДІІТ)