

Издание Института Инженеровъ Путей Сообщенія Императора Александра I.

Инженеръ А. Суринъ.

УЛУЧШЕНИЕ  
качество воды,  
употребляемой  
въ промышленности и для питья.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Тип. И. Н. Эрлихъ, Нег. стор., Мал. Дворянская, 19.

1910.

Главною цѣлью, которою я руководился при составлениіи настоящей книги, было желаніе принести посильную пользу студентамъ Института при проектированіи ими системъ водоснабженія для тѣхъ желѣзнодорожныхъ станцій, где требуется примѣненіе химической очистки воды, т. е. для станцій южной сѣти русскихъ жел. дорогъ.

Имѣющіяся въ русской литературѣ сочиненія по этому вопросу приспособлены большою частью для химиковъ и не затрагиваютъ конструктивныхъ особенностей аппаратовъ-очистителей, если не считать отдельныхъ сообщеній помѣщенныхъ въ трудахъ Съездовъ инженеровъ Службы Тяги и нѣсколькихъ статей техническихъ журналовъ, за которыми вообще не всегда удается слѣдить. Этими соображеніями и объясняется содержаніе книги: химическая часть въ ней разработана постольку, поскольку она необходима для инженера; все архаические аппараты или подобные описаны въ книгѣ выпущены и, хотя книги приданы сжатый характеръ, тѣмъ не менѣе въ ней помѣщены необходимые для расчета практическіе коэффиціенты. Другіе способы очистки воды, какъ напримѣръ, механическая очистка, фильтрованіе, озонованіе и опрыскиваніе водъ задѣты лишь мимоходомъ, такъ какъ нѣкоторые изъ нихъ не имѣютъ значительнаго примѣненія на желѣзныхъ дорогахъ, а другіе описаны подробно въ учебныхъ курсахъ.

При этомъ считаю пріятнымъ долгомъ принести искреннюю благодарность Проф. В. Е. Тимонову за добрые соѣтвы, которыми я пользовался при составлениіи этой книги и выразить глубокую признательность Проф. А. В. Сапожникову и Шт. Преподавателю Института И. П. Калинину, удостоившимъ этотъ мой трудъ своимъ просмотромъ.

Инженеръ А. Суринб.

При составлении настоящей работы, кроме данныхъ, собранныхъ на мѣстѣ во время моей командировкы Институтомъ Инженеровъ Путей Сообщенія въ 1907—1908 г.г. по Россіи и за границу, я пользовался нижеслѣдующими источниками:

Пр. В. Е. Тимоновъ. Водоснабжение и Водостоки.

Пр. Гемпланъ. Руководство къ изслѣдованию воды, оценка ея пригодности и способы ея очищенія.

Брошюра Общества «Борманъ-Шведе:» О важномъ значеніи чистоты воды, употребляемой въ промышленности.

«Журналъ Мин. П. С.» 1904 и 1907 года.

«Железнодорожное дѣло» (журналъ) 1908 года.

«Извѣстія Общаго Бюро Совѣщательныхъ съездовъ» 1908 г.

Протоколъ засѣданій XX Совѣщательнаго Съезда Инженеровъ Службы Тяги 1898 г.

Проф. Хлопинъ. Результаты озонизации Невской воды по способу Сименса и Гальске 1907 г.

Wehrenfennig. Die Untersuchung und das Weichmachen des Kesselspeisewassers.

W. Rottmann. Die Untersuchung und Verbesserung des Wassers für alle Zwecke seiner Verwendung.

Deutsche Bauzeitung 1896.

M-r Otto. Rapport sur l'ozone et les eaux potables (Congrès national d'hygiène et de salubrit  publique 1906).

Dr. Roux. Rapport présenté à la Municipalit  de Chartres, par la Commission scientifique désignée par l'Administration municipal 1908.

Le Génie Civil 1908.

W. Pflanz. Die Verwendung des Ozons zur Verbesserung des Oberflächenwassers und zu sonstigen hygienischen Zwecken. Vierteljahrsschrift für gerichtliche Medizin. Suplement-Heft 1903.

J. Ogier et E. Bonjean. Stérilisation par l'ozone des eaux destinées à l'alimentation publique: procédé de la société française de l'ozone au moyen de l'appareil Otto. Travaux du Comité consultatif d'hygiène publique de France 1904.

Dr. Ohlmüller und Dr. Prall.  Uber die Einwirkung des Ozons auf Bakterien. Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte 1893 и др.

## О Г Л А В Л Е Н И Е.

СТР.

1. Краткія свѣдѣнія о свойствахъ и составѣ водъ атмосферныхъ, грунтовыхъ, поверхностныхъ и морскихъ . . . . .	1
2. Нѣсколько словъ объ изслѣдованіи воды . . . . .	8
3. Значеніе чистоты воды . . . . .	12
4. Очистка воды . . . . .	13
I. Механическая очистка воды . . . . .	13
II. Фильтрованіе . . . . .	18
III. Химическая очистка воды . . . . .	27
а) Очистка желѣзистыхъ водъ . . . . .	27
б) Очистка жесткихъ водъ . . . . .	34
1) Аппараты для очистки жесткихъ водъ известью и содой . . . . .	39
а') Конструкція аппаратовъ, работающихъ известью и содой . . . . .	42
б') Подогрѣваніе . . . . .	58
в') Аппараты для очистки жесткихъ водъ различныхъ системъ . . . . .	64
г') Контроль за дѣйствиемъ аппаратовъ . . . .	71
2) Очистка воды известью и углекислымъ баріемъ .	76
3) Расходы по очисткѣ воды . . . . .	77
IV. Озонованіе воды . . . . .	78
V. Опрѣсненіе воды . . . . .	97



## Свойства воды.

Вода въ химически чистомъ видѣ есть продуктъ химического соединія водорода съ кислородомъ: двѣ вѣсовыя части первого элемента съ 16 вѣсовыми частями послѣдняго даютъ воду въ чистомъ видѣ. Химическое ея обозначеніе  $H_2O$ . Это чистая, безцвѣтная, лишенная запаха жидкость, которая въ большихъ количествахъ встрѣчается на земной поверхности; приблизительно  $\frac{2}{7}$  послѣдней покрыты водой; кроме того, она заключается въ воздухѣ въ состояніи пара, изъ которого образуются видимыя нами облака и ощущаемая сырость. Вся почва пропитана водой, и безъ ея присутствія невозможны никакая жизнь и никакое развиціе. Какъ на полюсахъ земного шара, такъ и на горныхъ вершинахъ, находимъ мы ее ввидѣ снѣга и льда, гдѣ она представляетъ существенную часть строенія земной коры.

Большая часть воды находится въ постоянномъ круговоротѣ: ввидѣ тумана поднимается она съ земной поверхности, собирается въ верхнихъ слояхъ атмосферы въ облака и падаетъ оттуда ввидѣ дождя или снѣга опять внизъ на земную поверхность. Здѣсь она частью просачивается въ землю и появляется опять на поверхности земли въ видѣ ключей; частью же образуетъ ручьи, которые сливаясь вмѣстѣ, даютъ начало рѣкамъ, которыхъ уже стремятся къ морю.

Соответственно этому круговороту по своему происхожденію различаются 4 различные сорта воды:

1) Атмосферная вода, которая въ видѣ дождя и снѣга падаетъ на земную поверхность..

2) Грунтовая вода, которая собирается въ глубинѣ земли и появляется на поверхности ея въ видѣ ключей или получаетъ выходъ чрезъ искусственно устроенные буровые скважины.

3) Поверхностная вода, т. е. вода ручьевъ, рѣкъ и озеръ и, наконецъ,

4) Морская вода, которая наполняетъ большие океаны и моря.

Вода обладаетъ свойствомъ смѣшиваться съ различными веществами, растворять ихъ и вступать съ ними въ соединеніе. Эти вещества можно раздѣлить на три главные группы:

1) Механическія примѣси—это тѣ частицы, которые содержатся въ водѣ въ нерастворенномъ видѣ и своимъ присутствіемъ дѣлаютъ воду мутной.

2) Химическія примѣси, т. е. растворенные въ водѣ вещества, образующія съ нею однородные растворы и вступающія иногда въ химическое соединеніе между собою.

3) Бактеріи. Это микроскопическія жизненные существа, присутствіе которыхъ дѣлаетъ воду часто непримѣнимой въ качествѣ питьевой воды.

Механическія примѣси бываютъ весьма различны и наиболѣе удобно подраздѣлять ихъ по ихъ удѣльному вѣсу на плавающія, взвѣшенныя и тонущія. Плавающія на поверхности воды механическія примѣси представляютъ изъ себя легкія плавающія вещества, какъ напримѣръ, пыль и т. п. Взвѣшенныя въ водѣ части—это тѣ механическія примѣси, удѣльный вѣсъ которыхъ равенъ удѣльному вѣсу воды и которая поэтому находятся въ водѣ въ безразличномъ положеніи. Тонущія механическія примѣси имѣютъ удѣльный вѣсъ болѣе единицы и поэтому опускаются въ спокойно стоящей водѣ на дно.

Химическія примѣси по своему составу и по формѣ ихъ соединенія съ водою необычайно разнообразны; это большею частью соединенія легкорастворимыхъ минераловъ, вродѣ соединеній кальція, магнія, хлора, калія, натрія и другихъ; далѣе это могутъ быть газы, которые легко поглощаются водой, какъ напримѣръ, угольная кислота; кроме того замѣчается присутствіе сѣрной кислоты, азотной кислоты, а также соединеній металловъ, вродѣ соединеній желѣза, свинца и другихъ.

Слѣдующія таблицы даютъ представленіе о способности различныхъ тѣлъ растворяться въ водѣ:

ТАБЛИЦА № 1.

Химическія соединенія.	Химическое обозначеніе.	Растворимость въ частяхъ на 100 частей воды.	Температура С°.
Сѣрнокислый кальцій . . . . .	Ca SO <sub>4</sub>	0,24	21
Хлористый магній . . . . .	Mg Cl <sub>2</sub>	30,7	15
Поташъ . . . . .	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	24,4	10
Сода . . . . .	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	8,3	10
Сѣрнокислый калій . . . . .	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	10,3	15
Сѣрнокислый натрій . . . . .	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	16,3	18
Хлористый калій . . . . .	K Cl	32,6	15
Хлористый натрій . . . . .	Na Cl	35,7	15

Для воды, содержащей углекислоту, применима следующая таблица:

ТАБЛИЦА № 2.

Химическое соединение.	Химическое обозначение.	Растворимость въ частяхъ на 100 частей воды.	Температура. С°.
Углекислый кальций . . . . .	Ca CO <sub>3</sub>	12	—
Углекислый магний . . . . .	Mg CO <sub>3</sub>	1,2	—
Углекислая закись железа . . .	Fe CO <sub>3</sub>	7,2	—
Доломитъ . . . . . . . . .	Ca Mg (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	3,1	—

Количество растворимыхъ въ водѣ солей, особенно углекислыхъ и сърнокислыхъ солей кальция и магния, придаетъ водѣ особенные свойства. Если подобные соединенія растворены въ водѣ въ большемъ количествѣ, то вода называется «жесткой» и, наоборотъ, при ихъ отсутствіи или маломъ ихъ содержаніи «мягкой».

Бактериологическое состояніе воды опредѣляется степенью присутствія бактерій, которые раздѣляются на аэробныхъ и анаэробныхъ; первыя производятъ процессъ окисленія, очищая воду, въ которой они находятся, и требуютъ для своего существованія постоянного доступа кислорода. Они имѣютъ наиболѣе важное значение для такъ называемаго самоочищенія рѣкъ. Послѣднія, т. е. анаэробныя бактеріи, вызываютъ процессы броженія и гніенія и служатъ возбудителями опасныхъ болѣзней; они дѣлаютъ воду непримѣнимой для питья.

Что касается состава воды, то, какъ выше было упомянуто, она зависитъ отъ мѣста происхожденія воды и отъ вліянія окружающей мѣстности.

Атмосферная вода принадлежитъ къ наиболѣе чистымъ водамъ. Содержащаяся въ воздухѣ ввидѣ паровъ вода падаетъ на землю дождемъ и, такимъ образомъ, проходитъ процессъ дистилляціи. Ввидѣ механическихъ примѣсей содержитъ она некоторое количество пыли въ зависимости отъ мѣстныхъ условій: въ мѣстностяхъ, изобилующихъ фабриками, она содержитъ угольную пыль и частицы золы; вблизи морей въ атмосферной водѣ замѣчается содержаніе поваренной соли. Въ видѣ химическихъ соединеній находятся въ атмосферной водѣ поглощенные ею атмосферные газы: азотъ, кислородъ и угольная кислота. Эту воду можно назвать «мягкой». Падая ввидѣ дождя, атмосферная вода увлекаетъ изъ воздуха часть находящихся въ немъ бактерій и потому несовершенно свободна отъ нихъ. По много разъ произведеннымъ анализамъ опредѣленъ слѣдующій примѣрный составъ атмосферной воды:

## ТАБЛИЦА № 3.

Заключающіяся въ атмосферной водѣ вещества.	Содеряніе на 100 лит- ровъ въ граммахъ.
Сухой остатокъ . . . . .	3,95
Известь и магнезія . . . . .	0,5
Хлоръ . . . . .	0,63
Азотъ . . . . .	0,10
Амміакъ . . . . .	0,05
Углеродъ . . . . .	0,10

*Грунтовая вода* въ большинствѣ случаевъ свободна отъ механическихъ примѣсей, такъ какъ почва оказываетъ на нее дѣйствіе фильтра. Химическія ея качества настолько разнообразны, что въ этомъ отношеніи нѣть ничего опредѣленнаго. Составъ воды опредѣляется тѣми веществами, съ которыми вода приходитъ въ соприкосновеніе и которые растворяются въ ней въ опредѣленныхъ количествахъ, поскольку вообще они растворимы въ водѣ. Въ общемъ здѣсь находятся: извѣсть, магнезія и соединенія жѣлѣза, которая при помощи заключающейся въ грунтовой водѣ угольной кислоты растворяются въ водѣ, а также соединенія щелочныхъ металловъ, кремнистая кислота, азотная кислота, силикаты, сѣрнокислые соли кальція и магнія и хлоръ въ его соединеніяхъ. Угольная кислота встрѣчается въ свободномъ, полусвободномъ и связанныомъ видѣ. Къ этому надо добавить еще встрѣчающіеся нитраты, сульфаты и фосфаты щелочныхъ металловъ. Вслѣдствіе упомянутой выше фильтраціи чрезъ слои почвы микроорганизмы въ грунтовой водѣ встрѣчаются рѣдко. Это встрѣчается въ сопѣствѣ съ гниющими сточными водами, которая служать источникомъ заразы; иногда встрѣчаются микроорганизмы при болотистомъ грунте; въ этомъ случаѣ замѣчается въ водѣ также присутствіе перегнойныхъ веществъ въ растворенномъ видѣ.

Необходимо упомянуть здѣсь еще особый сортъ грунтовыхъ водъ — минеральные воды, которая чрезъ раствореніе значительныхъ дозъ опредѣленныхъ минераловъ приобрѣтаютъ особенные свойства. Онѣ находять примененіе главнымъ образомъ въ медицинѣ, какъ средство противъ болѣзней. (Анализы грунтовыхъ и ключевыхъ водъ помѣщены въ таблицѣ 4).

*Поверхностные воды* ручьевъ, рѣкъ и озеръ настолько же разнообразны по своимъ качествамъ, какъ и грунтовые воды, хотя онѣ и не содержать въ себѣ столь значительныхъ количествъ отдѣльныхъ химическихъ соединеній, какъ грунтовые воды, что объясняется влияниемъ атмосфернаго воздуха. Естественно, что механическія примѣси здѣсь встрѣ-

чаются нерѣдко, а также приходится часто констатировать загрязненіе поверхностныхъ водъ органическими веществами и присутствіе въ нихъ бактерій. Причина, почему въ грунтовой водѣ, при дѣйствіи на нее атмосферного воздуха, уменьшается количество растворенныхъ въ ней веществъ, та, что часть угольной кислоты, при соприкосновеніи воды съ воздухомъ, становится свободной; вслѣдствіе этого некоторая часть растворенныхъ въ грунтовой водѣ бикарбонатовъ окиси кальція и магнезіи превращается въ соответственные нерастворимые карбонаты, которые и осаждаются тутъ же на дно; точно также дѣйствіемъ воздуха осаждается желѣзо, которое встрѣчается главнымъ образомъ въ соединеніи съ угольной кислотой, которая по поверхности воды отъ соприкосновенія съ воздухомъ становится свободной. Этимъ объясняется сравнительная съ грунтовыми водами мягкость поверхностныхъ водъ.

Необычайно важное значеніе для состоянія поверхностныхъ водъ имѣетъ такъ называемое, самоочищеніе рѣкъ. Органическія и неорганическія части, несомыя рѣкой, мало по малу осаждаются на дно. Дѣйствіемъ

### ТАБЛИЦА № 4а.

*Въ одномъ литрѣ воды содержалось миллиграммовъ.*

Грунтовая вода.	Сухого остатка.	Азотной кислоты.	Хлора.	Сѣрной кислоты ( $SO_3$ ).	Амміака.	Известіи ( $CaO$ ).	Магнезій ( $MgO$ ).	Количество $KMnO_4$ , тр. для окисл. орган. вещ.
Въ колодцѣ съ глубиною уровня воды въ 87 метровъ . . . . .	330,0	—	7,3	—	едва замѣтные слѣды.	150,1	10,3	4,7
Въ колодцѣ съ глубиною уровня воды въ 31 метръ . . . . .	127,6	—	5,3	13,5		54,0	1,8	1,8

### ТАБЛИЦА № 4в.

*Въ одномъ литрѣ воды содержалось миллиграммовъ.*

Название водъ.	Плотн. остатка.	$N_2O_5$	$NO_3$	$CO_2$ (свѣз.)	$CaO$	$MgO$	$Al_2O_3$ и $Fe_2O_3$	$SO_3$	Cl	$SiO_2$
Средній составъ ключей Тацкаго, Демидовск. и Орловск. .	293,7	4,7	0,03	—	83,8	52,7	0,3	5,9	2,9	5,4
Родникъ «Ятыкъ» около ст. Джабель Среднеазіатск. ж. д. . . . .	1700,4	—	—	93,2	215	152	—	604,7	210,6	19,2

## ТАБЛИЦА 4с.

Въ одномъ литрѣ воды содержалось миллиграммовъ:

Ключевая вода изъ формаций.		Сухого остатка.	Азотной кислоты ( $N_2O_3$ ).	Хлора (Cl).	Сѣрной кислоты ( $SO_3$ ).	Известия (CaO).	Магнезия (MgO).	Количество $KMnO_4$ , требуемое для окисления органич. вещества.
Гранита . . . . .	a	24,4	—	3,3	3,9	9,7	2,5	3,1
	b	7,0	—	1,3	3,4	30,8	9,1	0,8
	c	210,0	—	слѣды	10,3	44,8	21,0	0,9
Мелафира . . . . .		160,0	—	8,4	17,1	61,6	22,5	3,8
Базальта . . . . .		150,0	—	слѣды	3,4	31,6	28,0	0,4
Глинистаго порфира . . . .		250,0	—	—	3,4	5,6	1,8	1,6
Глинистаго сланца . . .	a	120,0	—	2,5	24,0	50,4	7,3	—
	b	60,0	—	8,8	1,7	2,8	3,6	3,5
	c	70,0	слѣды	2,0	5,0	5,6	1,8	3,4
	d	180,0	слѣды	10,6	10,0	44,0	10,8	4,2
Пестраго песчаника . . .	a	225,0	9,8	4,2	8,8	73,0	48,0	2,8
	b	300,0	4,0	3,2	3,4	95,2	7,2	1,8
	c	190,0	слѣды	8,9	27,5	39,2	28,0	0,8
	d	90,0	—	7,5	—	10,0	3,5	0,8
Раковистаго известняка . .		325,0	0,2	3,7	13,7	129,0	29,0	1,4
Доломитового известняка . .		418,0	2,3	слѣды	34,0	140,0	65,0	1,1
Гипса . . . . .		2365,0	слѣды	16,1	1108,3	766,0	122,5	слѣды

ТАБЛИЦА № 5.

В одном литре воды содержалось миллиграммов.

ВЪ ВОДЪ ИЗЪ

## ВЪ ВОДѢ ИЗБ

### Анализъ производиль.

Съхоръ остатка.	X <sub>10</sub> P.a.	Aзотъ, кислоты.	Аммиакъ.	Съхоръ (SO <sub>3</sub> ).	Mаркса (MgO).	Kонцернъ KMnO <sub>4</sub> .	Yрекомогръ (CO <sub>2</sub> ).	chесаною.	Анализъ
Рейна, близъ Кельна.	250	2,5	слиды	—	19,6	74,9	20,5	10,2	Фоль
Эльбы, близъ Магдебурга	260	38,3	1,4	—	48	56	16	6,1	Рейхардтъ
Одера	»	Бреславия	7	1,2	0,06	14	29	8	Полекъ
Дунай	»	Дегендорфа	135	21,5	2,3	—	—	15,4	Емм. и Брун.
Шпрее, выше Кёнигсберга	247	21,3	—	0,11	слѣды	84,9	—	8,00	Тимантъ
Вислы, въ Варшавѣ	191,4	21,3	—	—	—	53,6	—	27,7	Гемиландъ.
Днѣпра, ниже пороговъ	172	6,5	2,1	—	13,2	79,6	12,4	9,2	Гильменъ
Невы, близъ Петербурга	234	10,3	—	—	3,1	39,4	9,5	48	Траппъ
Женевскаго озера.	55	2,6	—	—	—	2,4	6	2,1	Тингри
Шайпуси (озера)	152,8	6,7	—	—	—	—	36	50,4	Шмидтъ
р. Челбасъ, близъ станции «Тихорецкая»	135,9	3,9	0,4	0,1	—	—	—	7,3	Ротигейнъ
р. Владикавказской ж.д. дор.	3108	39,1	—	—	1407	213	271,8	—	167,2

кислорода атмосферного воздуха часть органическихъ веществъ окисляется, причемъ упомянутые выше аэробные микробы помогаютъ уничтоженію опасныхъ бактерій. Составъ поверхностныхъ водъ очень разнообразенъ и въ нихъ встрѣчаются всевозможныя соединенія, хотя и не въ тѣхъ количествахъ, какъ въ грунтовыхъ водахъ. Анализы водъ иѣкоторыхъ рѣкъ помѣщены въ таблицѣ 5.

Морская вода характеризуется высокимъ содержаніемъ солей (до 4%) и небольшимъ количествомъ механическихъ примѣсей. Химическій составъ ея разнообразенъ. На берегахъ при впаденіи рѣкъ содержаніе солей уменьшается. Таблица 6 даетъ примѣрный составъ морской воды.

ТАБЛИЦА № 6.

Название элементовъ.	На 100 частей морской воды содержится.
Хлористый натрій . . . . .	2,75
Бромистый натрій . . . . .	0,04
Сульфатъ калія . . . . .	0,17
Сульфатъ кальція . . . . .	0,18
Сульфатъ магнія . . . . .	0,12
Хлористый магній . . . . .	0,41
Хлористый калій . . . . .	0,28

## Нѣсколько словъ объ изслѣдованіи воды.

Задачи по улучшенію воды распадаются на 2 части: 1) качественное и количественное изслѣдованіе воды и 2). выборъ соответствующихъ очистительныхъ средствъ.

Для изслѣдованія воды берутъ пробы ея по 4—5 литровъ съ достаточной глубины; при изслѣдованіи колодезной воды необходимо брать сї непосредственно изъ колодца, а не изъ водопровода; въ рѣкахъ, гдѣ есть по близости спуски стоковъ, необходимо взять пробы за нѣсколько дней съ различныхъ глубинъ, изслѣдуя обстоятельно происходить ли равномерное смѣщеніе сточныхъ и рѣчныхъ водъ. На сосудахъ, въ которые берутъ пробы, дѣлаютъ надпись даты, мѣста, откуда взята проба, и температуры воды, а также цѣль изслѣдованія ея.

Какъ предварительное изслѣдованіе опредѣляютъ физическія свойства воды источника, т. е. прозрачность, цветъ, вкусъ, запахъ, растительность,

животныя, удъльный вѣсъ и температуру. Если запахъ воды трудно определить, то её нагрѣваютъ до 60° С, и тогда запахъ ея проявляется явственнѣе. Присутствіе въ водѣ небольшихъ дозъ двууглекислого кальція, магнія и свободной углекислоты придаетъ ей необычный вкусъ. Присутствіе магнезіи въ болѣе значительныхъ количествахъ дѣлаетъ воду горькой, а присутствіе хлористаго натрія—соленой. Мутность воды можетъ вызываться примѣсью механическихъ частицъ, а также содержаніемъ въ ней извести, соединеній аллюминія и желѣза.

Затѣмъ слѣдуетъ химическій анализъ; на мѣстѣ инженеръ производить лишь поверхностный анализъ (Курсъ пр. Тимонова «Водоснабженіе и водостоки» томъ I 1906 г.), болѣе подробный производится спеціалистомъ химикомъ въ лабораторіи (проф. Гемиланъ. Руководство къ изслѣдованію воды, оценка ея пригодности и способы ея очищенія 1906). Вообще же присутствіе угольной кислоты обнаруживается растворомъ извести; содержаніе въ водѣ извести—титрованнымъ растворомъ щавелевой кислоты, сѣрной кислотой и растворомъ марганцевокаліевой соли, присутствіе сѣрной кислоты—соляной кислотой и хлористымъ баріемъ; присутствіе хлора—азотной кислотой и нитратомъ серебра и т. д.

Въ заключеніе необходимъ микрографический анализъ, т. е. указаніе на содержаніе бактерій въ 1 куб. сант., на условія ихъ жизни, размноженіе и, наконецъ, значеніе ихъ для жизни и здоровья. Этотъ анализъ цѣликомъ относится къ компетенціи спеціалиста.

Количественный анализъ опредѣляетъ по преимуществу такъ называемую «жесткость» изслѣдуемой воды, т. е. количество заключающихся въ ней солей щелочно-земельныхъ металловъ; она выражается въ градусахъ, имѣющихъ различное значеніе въ разныхъ странахъ; въ Германіи подъ градусомъ жесткости подразумѣваютъ присутствіе 1 части CaO на 100.000 частей воды, т. е. 0,01 граммъ извести въ 1 літрѣ воды; во Франціи одинъ градусъ соответствуетъ содержанію 1 части углекислой извести CaCO<sub>3</sub> въ 100.000 частяхъ воды и, наконецъ, въ Англіи при одномъ градусѣ жесткости 1 часть CaCO<sub>3</sub> приходится на 70.000 частей воды, такъ что между градусами жесткости различныхъ странъ имѣется слѣдующее соотношеніе:

1	немецкій градусъ жесткости	=	1.25	англійскимъ	=	1,79	французск.
0.8	»	»	= 1.00	»	= 1,43	»	
0.56	»	»	= 0.70	»	= 1	»	

Кромѣ этихъ данныхъ для перевода однихъ градусовъ въ другое можетъ служить слѣдующая таблица № 7.

Для опредѣленія общей жесткости воды, необходимо количества всѣхъ содержащихся въ ней солей другихъ металловъ, кроме кальція, перевести по отношенію молекулярныхъ вѣсовъ извести и окисей другихъ металловъ

ТАБЛИЦА № 7.

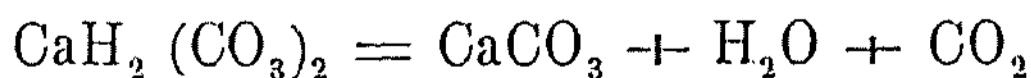
Гер- мания.	Англ.	Фран- ція.									
Градусы жесткости.											
1	1,25	1,79	6	7,5	10,74	12	15	21,48	22	27,5	39,38
2	2,50	3,58	7	8,75	12,53	14	17,5	25,05	24	30	42,96
3	3,75	5,37	8	10	14,32	16	20	28,64	26	32,5	46,54
4	5	7,16	9	11,25	16,11	18	22,5	32,22	28	35	50,12
5	6,25	8,95	10	12,5	17,19	20	25	35,8	30	37,5	53,70

въ градусы жесткости и просуммировать. Для вычислений могут служить таблицы № 8 и № 9.

ТАБЛИЦА № 8.

Наименование соединения.	Химическое обозначение.	10 жесткости соотносится со содержанием в гр.	Наименование соединения.	Химическое обозначение.	10 жесткости соотносится со содержанием в гр.
Известь . . . . .	CaO	1,00	Углекислый магний	MgCO <sub>3</sub>	1,50
Магнезія . . . . .	MgO	0,714	Двууглекисл. магн.	MgH <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	2,61
Угольная кислота . .	CO <sub>2</sub>	0,786	Железный купоросъ	FeSO <sub>4</sub> + 7 aq.	4,96
Сѣрный ангидридъ . .	SO <sub>3</sub>	1,428	Щдкій натръ . . . .	NaOH	1,43
Углекислый кальцій .	CaCO <sub>3</sub>	1,79	100% сода . . . .	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1,89
Двууглекисл. кальцій.	CaH <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	2,89	Бисульфатъ натрія.	NaHSO <sub>4</sub>	4,28
Гипсъ . . . . .	CaSO <sub>4</sub>	2,43	Хлоръ . . . . .	Cl	0,634
Сѣрнокислый магній .	MgSO <sub>4</sub>	2,14			

При кипячении воды одна часть углекислоты, содержащейся въ двууглекислой растворимой извести, отдѣляется; при этомъ образуется нерастворимый углекислый кальцій, который здѣсь же осаждается:



и часть жесткости пропадаетъ. Тоже можно сказать про магнезію, а именно при кипяченіи происходитъ процессъ:



ТАБЛИЦА № 9.

Название.	Знак.	Атомные веса.	Название.	Знак.	Атомные веса.
Азотъ . . . . .	N	14,01	Никель . . . . .	Ni	58,6
Алюминий . . . . .	Al	27,04	Ніобій . . . . .	Nb	93,7
Барій . . . . .	Ba	136,86	Олово . . . . .	Sn	117,35
Бериллій . . . . .	Be	9,08	Осмій . . . . .	Os	191,12
Боръ . . . . .	B	10,9	Палладій . . . . .	Pd	106,3
Бромъ . . . . .	Br	79,76	Платина . . . . .	Pt	194,3
Ванадій . . . . .	V	51,10	Родій . . . . .	Rh	102,9
Висмутъ . . . . .	Bi	207,50	Ртуть . . . . .	Hg	199,8
Водородъ . . . . .	H	1	Рубідій . . . . .	Rb	85,2
Вольфрамъ . . . . .	W	183,6	Рутеній . . . . .	Ru	101,4
Галлій . . . . .	Ga	69,9	Свинецъ . . . . .	Pb	206,4
Германій . . . . .	Ge	72,3	Селенъ . . . . .	Se	78,87
Железо . . . . .	Fe	55,88	Серебро . . . . .	Ag	107,66
Золото . . . . .	Au	196,72	Скандій . . . . .	Sc	43,97
Індій . . . . .	In	113,4	Стронцій . . . . .	Sr	87,3
Іридій . . . . .	Ir	192,5	Сурьма . . . . .	Sb	119,6
Іттербій . . . . .	Yb	172,6	Сѣра . . . . .	S	31,98
Іттрій . . . . .	Y	89,6	Таллій . . . . .	Tl	203,6
Іодъ . . . . .	I	126,54	Танталъ . . . . .	Ta	182
Кадмій . . . . .	Cd	111,7	Теллуръ . . . . .	Te	126,7
Калій . . . . .	K	39,03	Титанъ . . . . .	Ti	50,25
Кальцій . . . . .	Ca	39,91	Торій . . . . .	Th	231,96
Кислородъ . . . . .	O	15,96	Углеродъ . . . . .	C	11,97
Кобальтъ . . . . .	Co	58,6	Уранъ . . . . .	U	239,8
Кремній . . . . .	Si	28	Фосфоръ . . . . .	P	30,96
Лантанъ . . . . .	La	138,5	Фторъ . . . . .	Fl	19,06
Литій . . . . .	Li	7,00	Хлоръ . . . . .	Cl	35,37
Магній . . . . .	Mg	23,94	Хромъ . . . . .	Cr	52,45
Марганецъ . . . . .	Mn	54,8	Цезій . . . . .	Cs	132,7
Молибденъ . . . . .	Mo	95,9	Церій . . . . .	Ce	141,2
Мышьякъ . . . . .	As	74,9	Цинкъ . . . . .	Zn	64,88
Мѣдь . . . . .	Cu	63,18	Цирконій . . . . .	Zr	90,4
Натрій . . . . .	Na	23,00			

Что же касается солей сърной кислоты, азотной и соединеній хлора, то таковыя при кипяченіи большою частью остаются въ водѣ въ растворенномъ видѣ, обусловливая ея постоянную жесткость. Такимъ образомъ получаются понятія объ общей жесткости воды, временної или устранимой жесткости и постоянной жесткости ея.

## Значеніе чистоты воды.

Къ числу промышленныхъ предпріятій, для которыхъ потребна вода, свободная отъ минеральныхъ примѣсей, относятся желѣзныя дороги. Процессъ работы воды въ общемъ сводится къ тому, что вода поступаетъ въ котлы локомотивовъ, нагревается до температуры полученія пара, который поступаетъ затѣмъ въ цилинды; при кипяченіи воды отдѣляются содержащія въ ней въ растворенномъ видѣ соли металловъ, особенно магнія и кальція, которые осаждаясь на стѣнкахъ и внутреннихъ трубкахъ котла, образуютъ плотную кору, т. н. котельный камень, обладающій незначительной теплопроводностью. Этотъ камень не позволяетъ использовать полностью тепловую энергию топлива, (увеличиваетъ расходъ топлива, какъ показали опыты, отъ 15% до 150%) и служить причиною взрывовъ котловъ; удаленіе же котельного камня въ огнетрубныхъ паровозныхъ котлахъ представляетъ много затрудненій. Содержаніе кислотъ въ водѣ дѣлаютъ воду также непримѣнимой для питанія котловъ, такъ какъ кислоты разъѣдають ихъ стѣнки. (Подробности по этому вопросу интересующіеся могутъ найти въ описаніи опытовъ профессора Вильсона «Mittheilungen aus der Praxis 1897»). Все сказанное о паровозныхъ котлахъ можетъ быть цѣликомъ отнесено ко всевозможнымъ установкамъ для полученія пара.

Неудобна жесткая вода вообще при всѣхъ отрасляхъ промышленности, употребляющихъ мыла, такъ напримѣръ, при пробѣлкѣ и апРЕТурѣ тканей; мыло, при соединеніи съ известковыми солями, даетъ осадокъ на волокнахъ тканей и портить ихъ; при промывкѣ шерсти жесткой водой приходится расходовать мыла иногда на 50% больше, нежели при примененіи чистой воды; далѣе можно указать цѣлый рядъ промышленныхъ учрежденій, гдѣ непримѣнима жесткая вода, какъ напримѣръ: винокуренные и спиртоочистительные заведенія, кожевенное и скорняжное производство, красильное производство, пивоварни, фабрикація сахара, бумажное производство и т. д. Наконецъ жесткая вода, свыше 18° немецкихъ, признается негодной въ качествѣ питьевой воды и не употребляется для варки пищи.

## Очистка воды.

Всѣ вообще методы по очисткѣ воды могутъ быть подраздѣлены на пять группъ, а именно:

I. Механическая очистка, имѣющая цѣлью удаленіе механическихъ примѣсей.

II. Фильтрованіе воды, которое имѣть цѣлью задержать болѣе мелкія механическія примѣси, а также часть бактерій, что требуетъ соотвѣтственно незначительной скорости фильтраціи; фильтрованіе раздѣляется на

а) медленное для удаленія большей части содержащихся въ водѣ бактерій и

б) быстрое.

III. Химическая очистка воды, имѣющая цѣлью удалить растворенные въ водѣ химическія примѣси;

IV. Озонованіе воды и

V.. Опрѣсненіе воды или дистилляція.

Примѣняютъ также ихъ комбинаціи, и именно:

- 1) Механическая очистка и затѣмъ фильтрованіе;
- 2) Химическая, затѣмъ механическая очистка и, наконецъ, фильтрованіе;
- 3) Химическая и затѣмъ механическая очистка воды;
- 4) Механическая очистка, фильтрованіе и затѣмъ озонованіе воды;
- 5) Фильтрованіе и затѣмъ озонованіе воды и
- 6) Химическая очистка воды и затѣмъ ея опрѣсненіе.

## Механическая очистка воды.

Механическая очистка воды, какъ самостоятельный способъ, выражается въ устройствѣ отстойныхъ бассейновъ для городскихъ водоснабженій и водосборныхъ колодцевъ для желѣзнодорожныхъ водопроводовъ. Первые устройства, т. е. отсточные бассейны городскихъ водоснабженій подробно описаны въ курсѣ профессора В. Е. Тимонова «Водоснабженіе и водостоки,» тамъ же указаны разсчетные данные для проектированія ихъ, а именно: необходимо устроить  $n+1$  одинаковыхъ по величинѣ отдѣленій отстойника, при чёмъ каждое изъ нихъ можетъ очищать  $\frac{Q}{n} = q$  куб. футъ въ секунду, гдѣ  $Q$ —полный секундный расходъ воды. Глубину отстойныхъ бассейновъ  $h$  принимаютъ около 6'—12'; скорость протока воды по горизонтальному направлению берутъ отъ 1 мм. — 2 мм. въ секунду; по этимъ даннымъ опредѣляется ширина одного отдѣленія отстойника въ чистотѣ  $b = \frac{q}{hv}$ ; вода, въ зависимости отъ степени мутности, находится

въ отстойникъ отъ 12 час.—36 часовъ, т. е. длина бассейна  $l$ , при пребываніи воды въ отстойникѣ  $r$  часовъ, опредѣлится изъ равенства:

$$l = r \times 60 \times 60 \times v \text{ мм.}$$

По Линдлею эти размѣры:

$$b = 16\frac{1}{2}' - 30'; \quad l = 262' - 394';$$

глубина при входѣ  $6\frac{1}{2}''$ ; при выходѣ —  $10''$ .

Въ желѣзодорожныхъ водоснабженіяхъ устраиваютъ иногда отстойные бассейны по только что изложеному принципу; въ большинствѣ же случаевъ ограничиваются устройствомъ водосборныхъ колодцевъ, какъ показано на чертежѣ 1; здѣсь вода изъ источника водоснабженія приходитъ по самотечной трубѣ въ колодезь, въ которомъ, вслѣдствіе значительного уменьшенія скорости притекающей воды, происходитъ осажденіе наиболѣе крупныхъ частицъ мути. Отсюда вода поступаетъ къ насосамъ по всасывающей линіи, приемный сосокъ которой располагается отъ дна водосборнаго колодца на разстояніи не менѣемъ 0,35 сажени, чтобы не взмучивать осѣвшую на дно колодца муть.

Большею же частью механическая очистка воды встрѣчается вмѣстѣ съ химическою ея очисткой, напримѣръ, ввидѣ лопастей осадочнаго цилиндра аппаратовъ для химической очистки воды. Дѣйствіе этихъ аппаратовъ, какъ механическихъ очистителей, мы разсмотримъ нѣсколько подробнѣе.

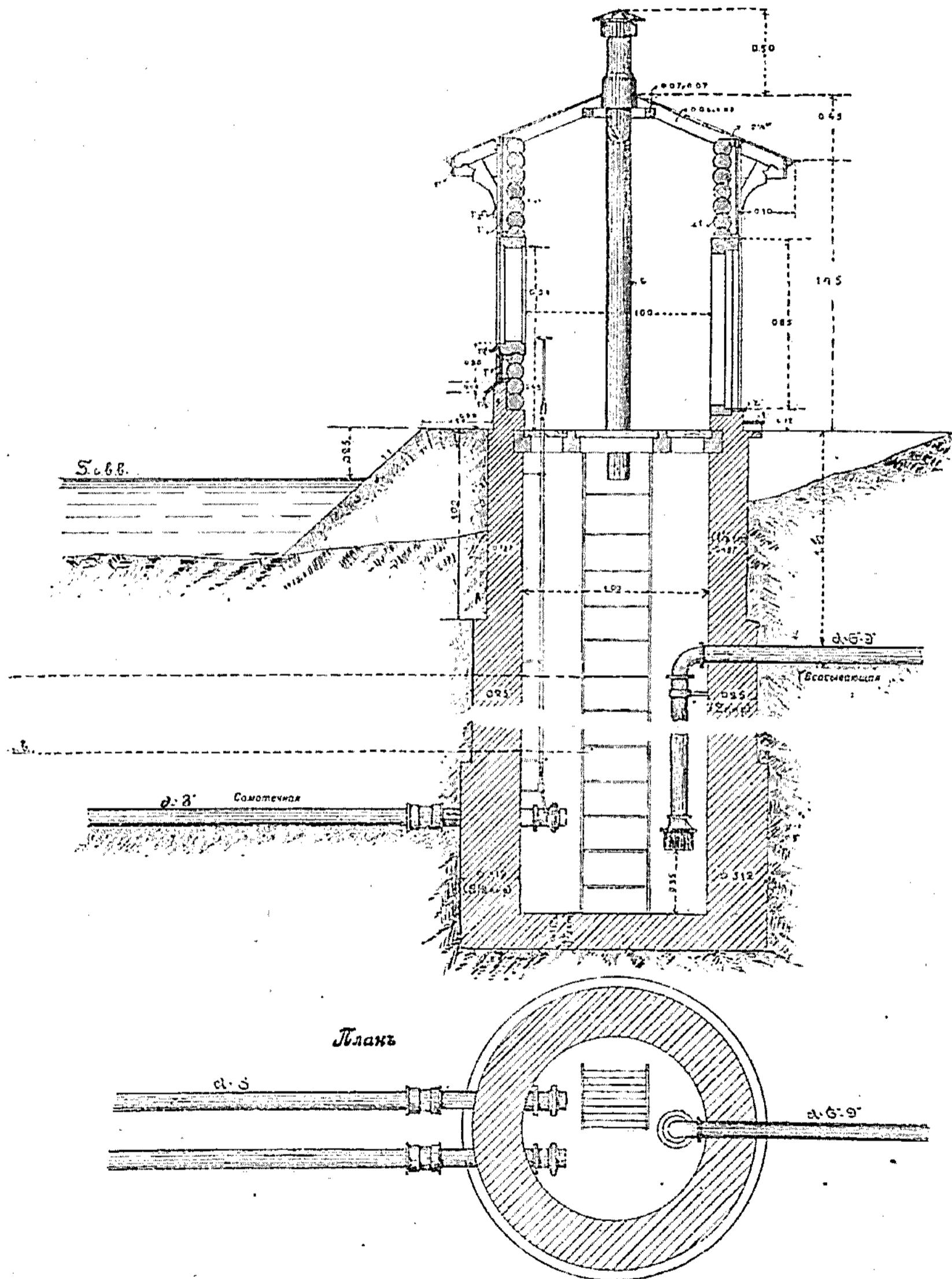
Основныя положенія конструированія аппаратовъ для механической очистки воды слѣдующія:

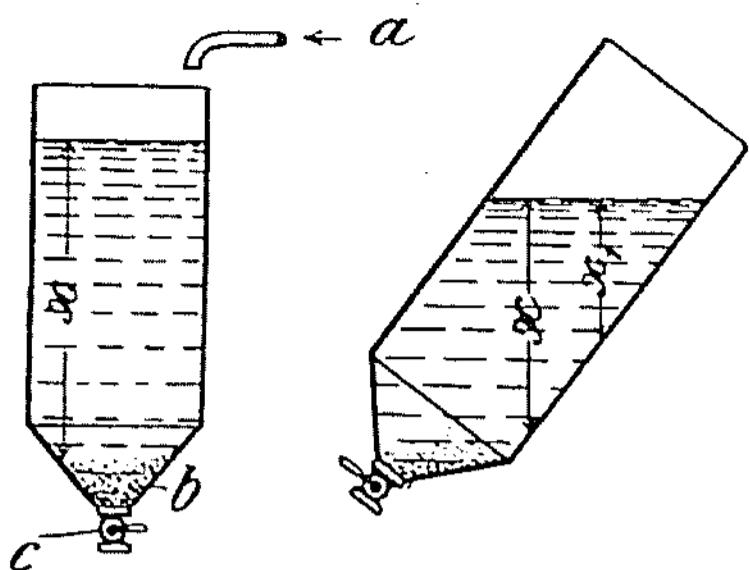
- 1) Путь осажденія частицъ изъ воды на стѣнки резервуара долженъ быть наименьшій;
- 2) Всякое внезапное измѣненіе направленія движенія воды не желательно;
- 3) Вблизи мѣстъ отложенія механическихъ примѣсей скорость по возможности должна быть уменьшена;
- 4) Длина пути потока воды должна быть по возможности увеличена.

Что касается формы сосуда или бака механическаго очистителя, то наиболѣе цѣлесообразною является воронкообразная, такъ какъ взвѣшенныя въ водѣ частицы скорѣе достигаютъ стѣнокъ сосуда, по которымъ они могутъ скользить до дна резервуара, а вода, постепенно уменьшая скорость, способствуетъ выдѣленію изъ своего состава болѣе мелкихъ частицъ мути (черт. 2 и 3). Для уменьшенія пути частицъ мути до стѣнокъ резервуара ставятъ внутри механическаго очистителя горизонтальные и наклонныя полки (черт. 4 и 5), а также впускаютъ воду внизу очистителя, и вода, поднимаясь вверхъ, откладываетъ частицы

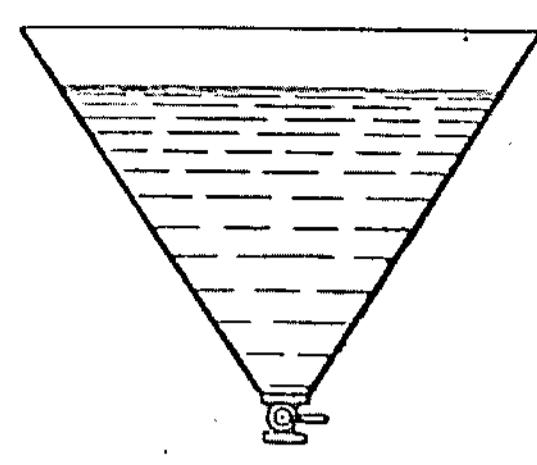
муты, по степени ихъ величины, на дно резервуара (черт. 5, 6 и 7). Для полнаго освѣтленія воды, скорость ея поднятія въ резервуаръ—отстойникъ должна быть, по опытамъ, въ общемъ  $0,2 \frac{\text{мм.}}{\text{сек.}}$  а для тончайшихъ

*Фасадъ деревянного шатра.*

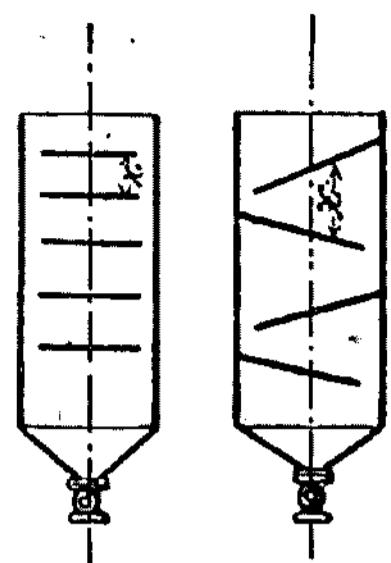




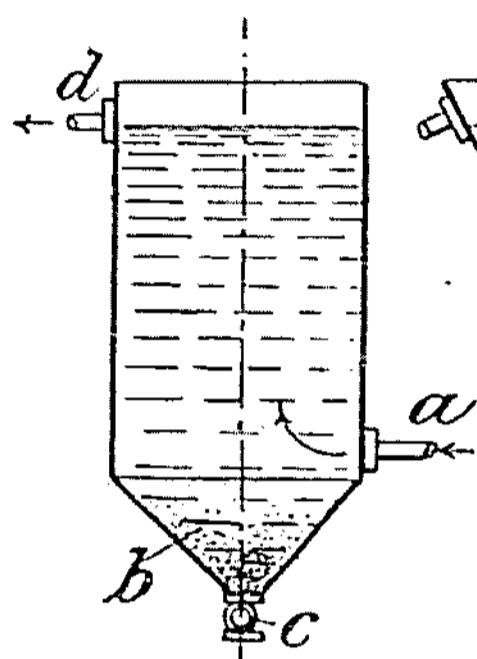
Черт. 2.



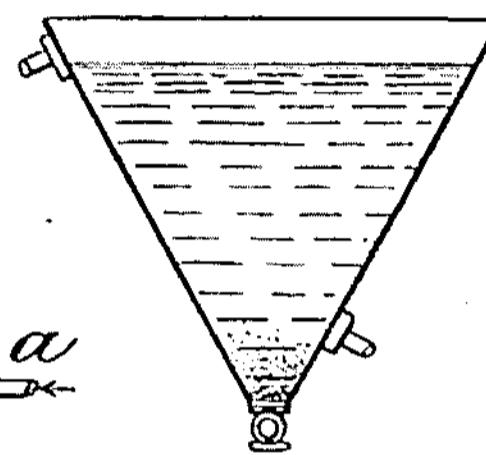
Черт. 3.



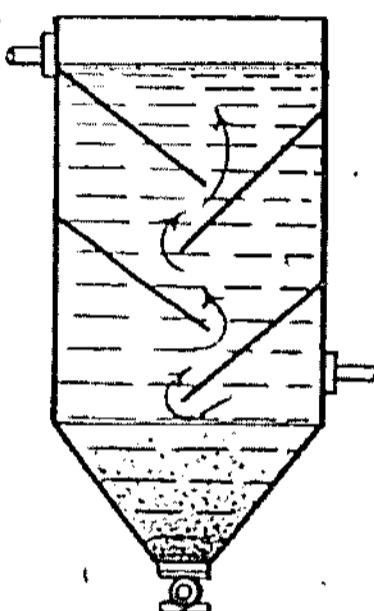
Черт. 4.



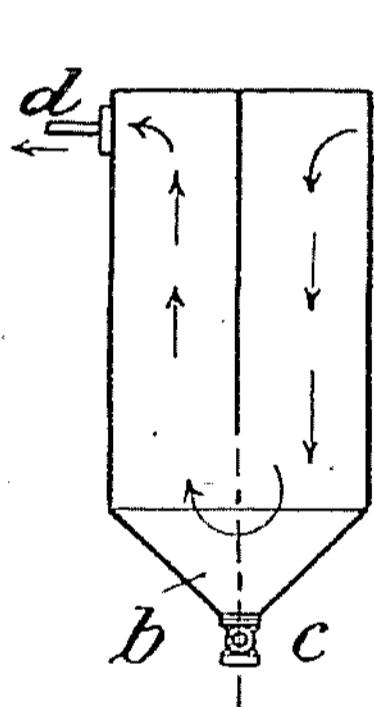
Черт. 6.



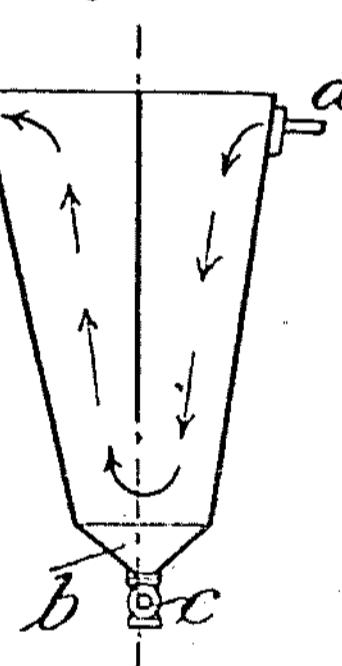
Черт. 7.



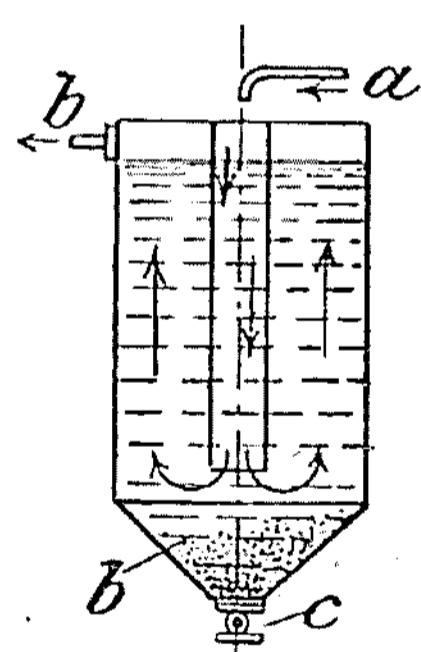
Черт. 5.



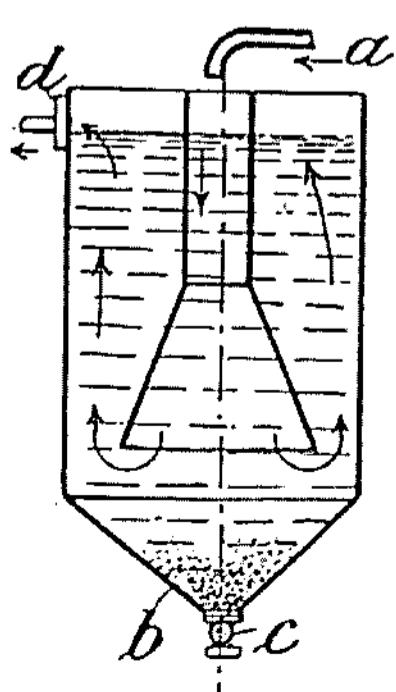
Черт. 8.



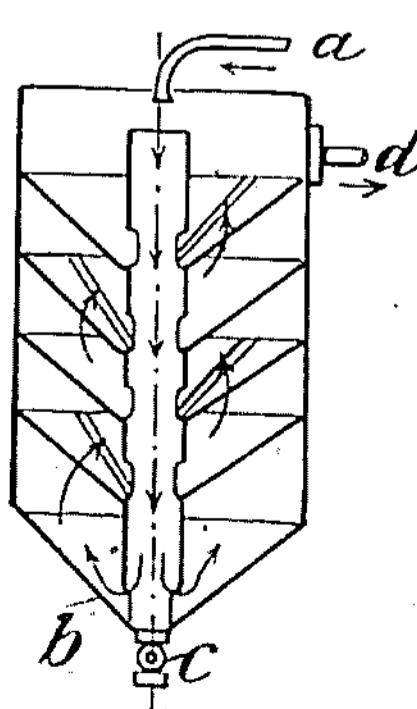
Черт. 9.



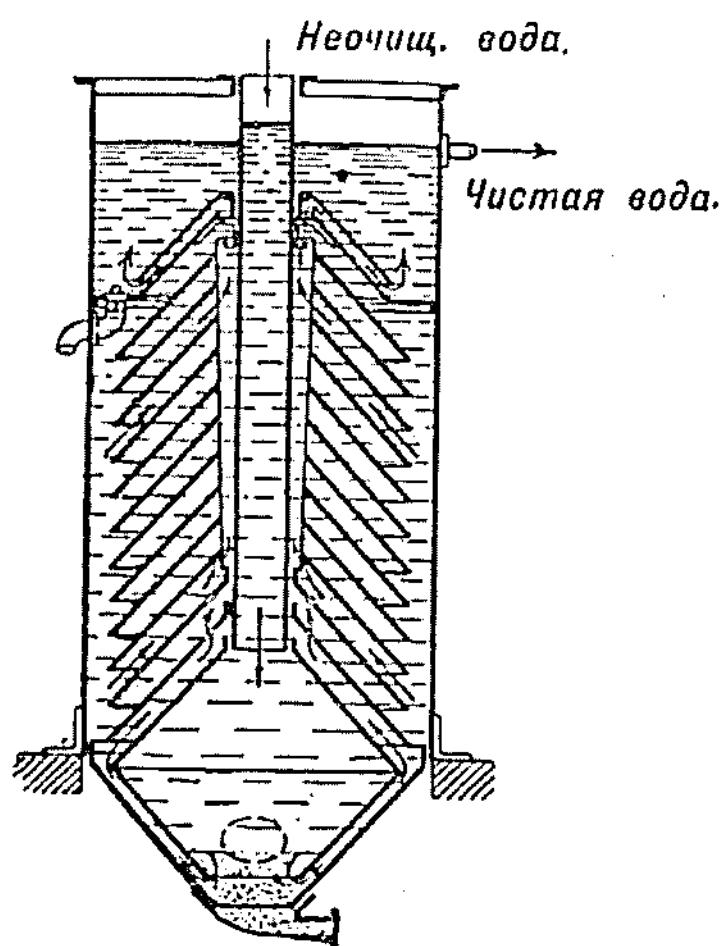
Черт. 10.



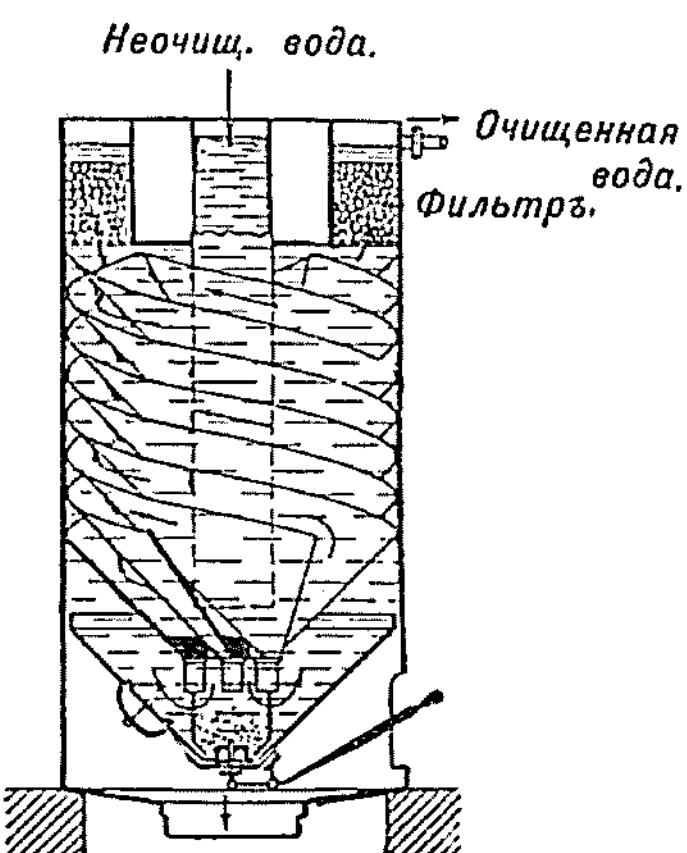
Черт. 11.



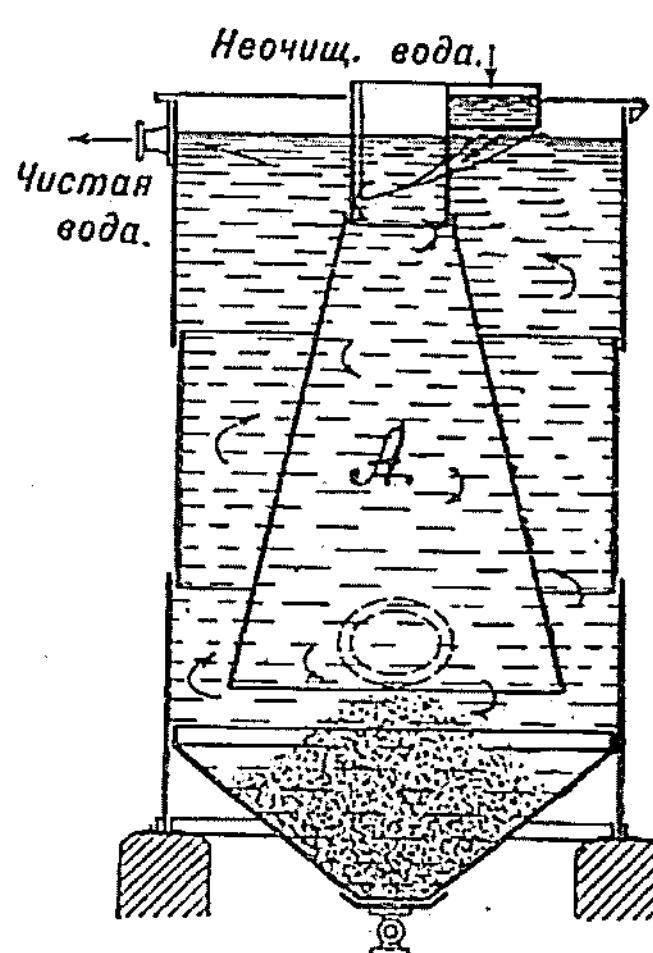
Черт. 12.



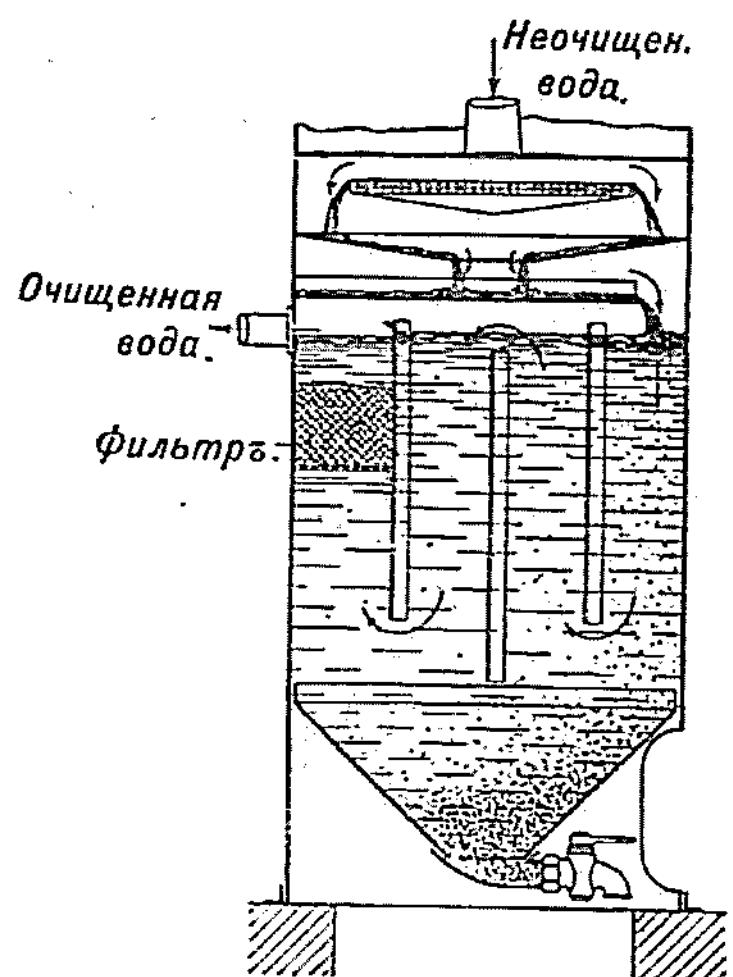
Черт. 13.



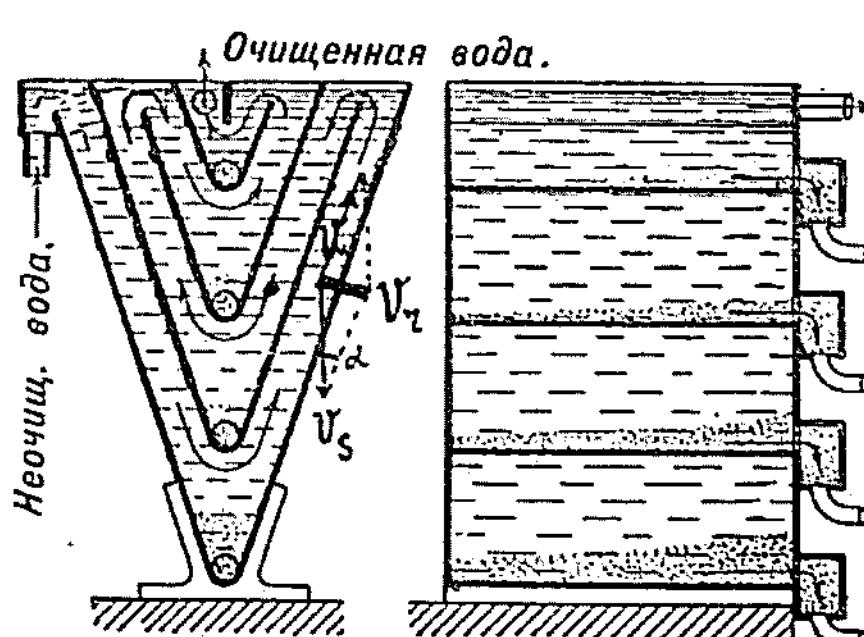
Черт. 14.



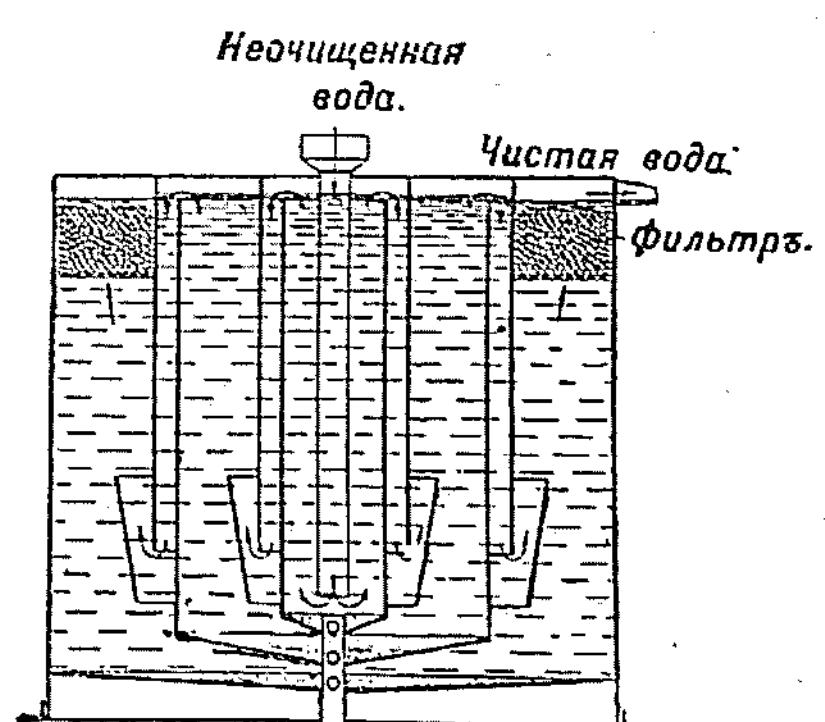
Черт. 15.



Черт. 16.



Черт. 17.

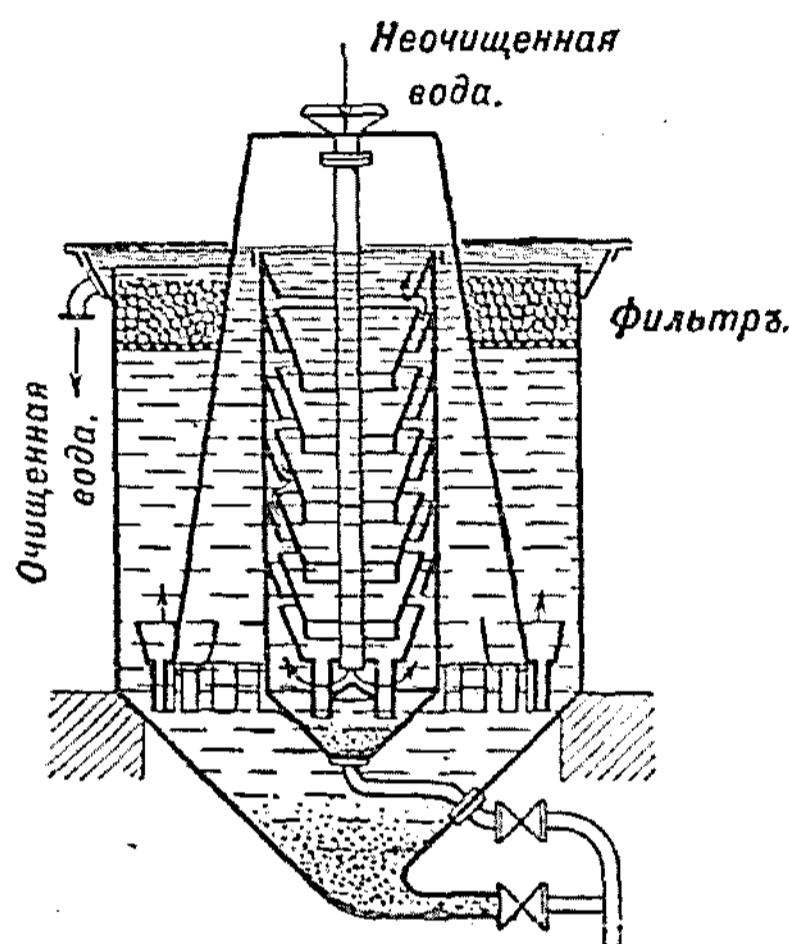


Черт. 18.

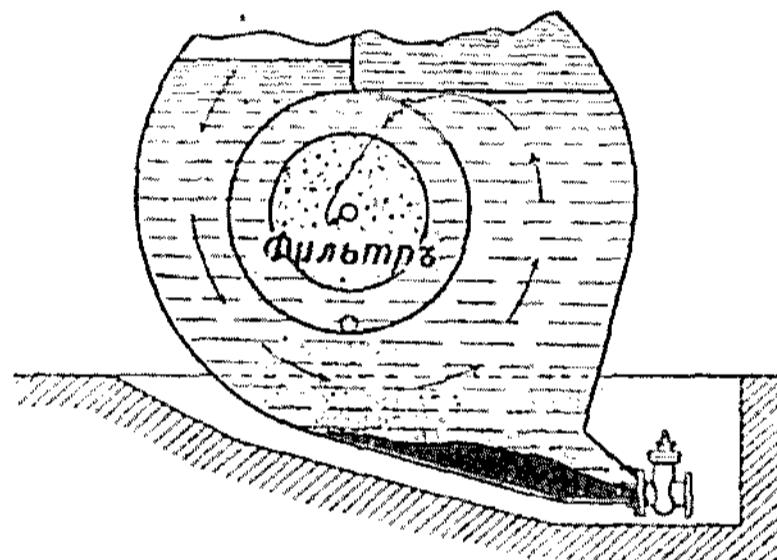
(Послѣдній чертежъ изображаетъ штампованныя сита аппарата Гинсбурга). Во всѣхъ послѣднихъ аппаратахъ вода вводится по особой центральной трубѣ въ осадочный резервуаръ снизу и подымается вверхъ въ немъ подъ гидравлическимъ давленіемъ.

Считаю не лишнимъ привести здѣсь нѣкоторыя теоретическія изслѣдованія относительно скоростей въ очистительныхъ приборахъ (черт. 17): обозначимъ частицу муты чрезъ  $S$ , ея удѣльный вѣсъ чрезъ  $\gamma$  и ея массу чрезъ  $m$  и предположимъ, что она опускается вертикально внизъ; тогда скорость ея паденія  $V_s = \sqrt{2gh}$ ; скорость подымающейся воды въ

резервуарѣ  $V_w$  зависитъ отъ сѣченія резервуара и расхода воды чрезъ него; обозначимъ поперечное сѣченіе резервуара чрезъ  $F$ , а расходъ чрезъ



Черт. 19.



Черт. 20.

него—чрезъ  $Q$ ; тогда,  $V_w = \frac{F}{Q}$ ; если обозначить уклонъ стѣпокъ сосуда чрезъ  $\alpha$ , то для скорѣйшаго осажденія муты на стѣнки резервуара, скорости  $V_s$  и  $V_w$  должны быть выбраны такъ, чтобы ихъ равнодѣйствующая была  $V_r$  бы перпендикулярна къ стѣнкѣ сосуда, а это будетъ при

$$V_r = V_s \sin \alpha \text{ и } V_w = V_s \cos \alpha$$

Болѣе подробное разсмотрѣніе дѣйствія механическихъ очистительныхъ аппаратовъ будетъ сдѣлано въ главѣ о химической очисткѣ воды, где эти аппараты примѣняются для скорѣйшаго очищенія воды отъ взвѣшенныхъ въ ней нерастворимыхъ соединеній.

## ФИЛЬТРОВАНИЕ.

Медленное фильтрованіе воды производится англійскими фильтрами, которые имѣютъ устройство въ зависимости отъ источника водоснабженія. Общія данныя для проектированія ихъ слѣдующія (проф. В. Е. Тимоновъ. Водоснабженіе и водостоки 1906): по данному часовому расходу

воды въ  $Q$  куб. метровъ, общая площадь фильтровъ въ чистотѣ  $w$  опредѣлится изъ равенства  $w = \frac{Q}{0,10}$  кв. метровъ, гдѣ 0,10 метра = 10 сантиметровъ = 4" есть средняя скорость фильтраціи въ часъ<sup>1)</sup>. Затѣмъ  $w$  разбивается на  $n$  отдѣленій, причемъ  $n = 3$  или 4 для малыхъ городовъ и отъ 6 до 7 для большихъ. По Газену наивыгоднѣйшая площадь одного отдѣленія фильтровъ = 2100 — 2400 кв. метровъ для закрытыхъ фильтровъ и отъ 3300 до 4250 кв. метровъ для открытыхъ; каждое отдѣленіе имѣеть видъ прямоугольника съ отношеніемъ сторонъ 1 : 2, 1 : 3; въ дѣйствительности поверхность фильтровъ надо увеличить на площадь, занимаемую столбами, поддерживающими покрытие; столбы эти ставятся обыкновенно на взаимномъ разстояніи отъ 10' до 14' и, если они устраиваются изъ гранита, то каждый столбъ имѣеть сѣченіе отъ 225 кв. дм. до 256 кв. дм. Кирпичные столбы имѣютъ большіе размѣры. Кроме вычисленной такимъ образомъ поверхности фильтровъ, необходимо имѣть одно или два отдѣленія ихъ на случай очистки. Что касается высоты фильтровъ, то она разсчитывается на помѣщеніе толщины фильтрующаго слоя отъ 0,5 до 1,5 метровъ (песокъ изъ зеренъ кварца діаметромъ  $\frac{1}{3}$  — 1 мм., крупный песокъ, мелкій гравій, крупный гравій, щебень и камень<sup>2)</sup>) и слоя воды толщиною отъ 0,75 — 1,3 метра (лучше брать болѣе низкую норму, но на практикѣ примѣняютъ напоръ около 1 метра). Надъ водою устраиваютъ перекрытие изъ легкихъ сводовъ въ поль-кирпича со стрѣлами подъема около  $\frac{1}{4}$  (съ отверстіями для вентиляції). Сверху лежитъ слой земли толщиною около 1 метра. Поль фильтровъ устраивается на глинѣ или глиняномъ бетонѣ, изъ цементнаго бетона (иногда примѣняютъ обратные своды), общею толщиною около 1 метра. На полу фильтровыхъ помѣщеній располагаются сборные каналы (сѣченіемъ 3×3 верш.) въ разстояніи отъ 1 до 3 метровъ между собою или прокладываются дренажныя трубы; дренажная труба діаметромъ отъ 10 — 30 сантиметровъ

<sup>1)</sup> Скорость фильтраціи зависитъ не только отъ размѣровъ зеренъ, но еще отъ толщины фильтрующаго слоя, потери напора въ фильтрѣ и температуры воды.

Для этой зависимости предложена формула:

$$V = cd^2 \frac{h}{l} (0,7 + 0,03 t),$$

гдѣ  $V$  — скорость фильтраціи въ сутки или высота слоя воды, пропускаемая фильтромъ въ 24 часа;

$c$  — коэффициентъ близкій къ 1000;

$d$  — дѣйствительный размѣръ песка въ миллиметрахъ

$h$  — потеря напора въ фильтрѣ;

$l$  — толщина фильтрующаго слоя

$t$  — температура въ градусахъ Цельсія.

<sup>2)</sup> Въ Варшавѣ высота отдѣльныхъ слоевъ фильтра слѣдующая: мелкій песокъ 24", крупный песокъ 2", мелкій гравій 3", крупный гравій 6", мелкій булыжникъ — 6", крупный булыжникъ — высота перемѣнная отъ 0 до 11".

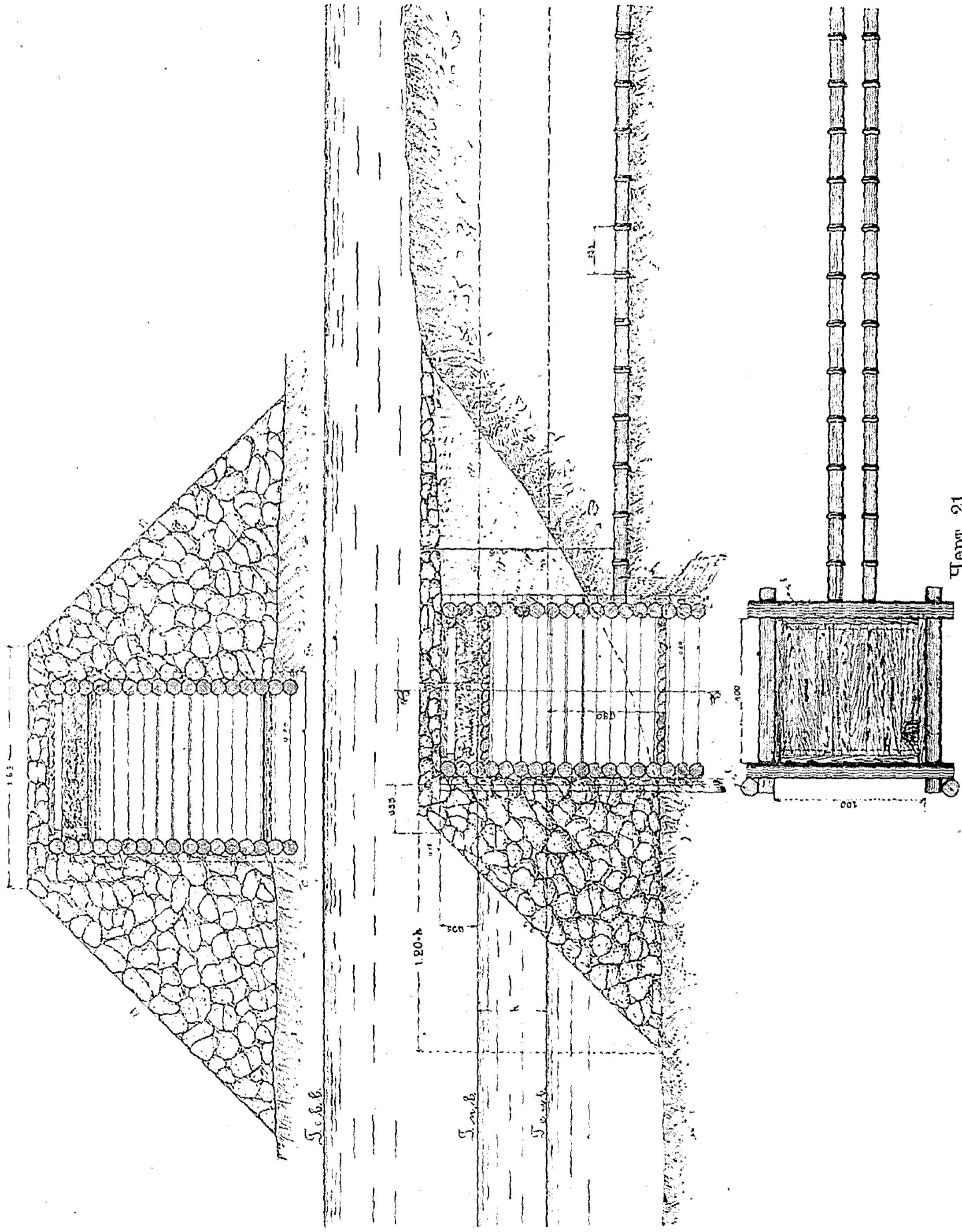
можетъ собирать воду съ площади не болѣе 27—409 кв. метровъ. Потеря напора при діаметрѣ зеренъ песка 0,35 мм. и при толщинѣ его слоя въ 30 сантиметровъ и скорости фільтраціи отъ 1—2,5 метровъ въ 24 часа равна при отсутствіи пленки 2,5—6 миллиметрамъ. Продолжительность службы фільтра между 2-мя очистками составляетъ въ среднемъ 2—6 недѣль.

Подобныя устройства при желѣзводорожныхъ станціяхъ примѣняются сравнительно рѣдко; въ большинствѣ же случаевъ устраивается водо-пріемникъ изъ сруба колодца или ящика, образованного шпунтами, забро-санного со всѣхъ сторонъ камнемъ (чер. 21). Иногда устраиваютъ водо-снабженіе желѣзводорожныхъ станцій по дуалистической системѣ; такъ напримѣръ, на станціи Петербургъ-Москово-Виндавской жел. дороги для хозяйственныхъ нуждъ пользуются городскимъ водопроводомъ, а для пита-нія паровозовъ примѣняется вода Обводнаго канала, очищаемая пред-варительно фільтрами системы Шмерберга, которые представляютъ изъ себя закрытые чугунные котлы, наполненные внутри щебнемъ (подроб. см. Гарштейнъ: Водоснабженіе ст. Петербургъ-Петербургско-Витебской жел. дороги 1906 г.).

Скорая фільтрація примѣняется преимущественно тамъ, где вода не употребляется въ качествѣ питьевой воды. Изъ скорыхъ фільтровъ для желѣзныхъ дорогъ имѣютъ значеніе по преимуществу напорные, къ ко-торымъ относится извѣстный фільтръ «Нептунъ» инженера Зимины (проф. Тимоновъ Водоснабженіе и Водостоки 1906, томъ II, стр. 677). Въ примѣненіи къ желѣзнымъ дорогамъ фільтръ «Нептунъ» изобра-женъ на чер. 22, представляющемъ водоемное зданіе ст. Чалыкла Ря-зано-Уральской жел. дороги. Самый фільтръ пѣсколько упрощенной системы. Изъ скорыхъ фільтровъ заграничныхъ фирмъ извѣстны фільтры системы *Jewell* (пр. Тимоновъ Водоснабженіе и Водостоки 1906 г.). Видоизмѣненіе этой конструкціи представляютъ аппараты системы «*Breda*» въ Берлинѣ (чер. 23, 24 и 25), которые, какъ видно изъ чертежей, мо-гутъ быть напорными и открытыми. Чертежъ 23 изображаетъ двойной фільтръ, въ которомъ фільтрующіе слои расположены одинъ надъ дру-гимъ, благодаря чему получается экономія въ мѣстѣ; дѣйствіе фільтра слѣдующее: вода поступаетъ въ *a* при закрытой нижней задвижкѣ и при открытой верхней; затѣмъ она направляется въ верхнюю часть фільтра; эта часть центральной трубой соединена съ нижней половиной фільтра и, такимъ образомъ, вода, поступившая въ *a* попадаетъ одновременно въ оба отдѣленія фільтра, проходить независимо оба слоя фільтра и въ *b* можетъ быть взята для потребленія. (Если діаметръ наружнаго кожуха фільтра = *D*, то фільтрующая поверхность =  $\frac{\pi D^2}{4} \times 2$ ). Промывка про-изводится обратнымъ токомъ воды поступающей въ *a*, при открытой

Digitized by Google

Express no 8 - C.

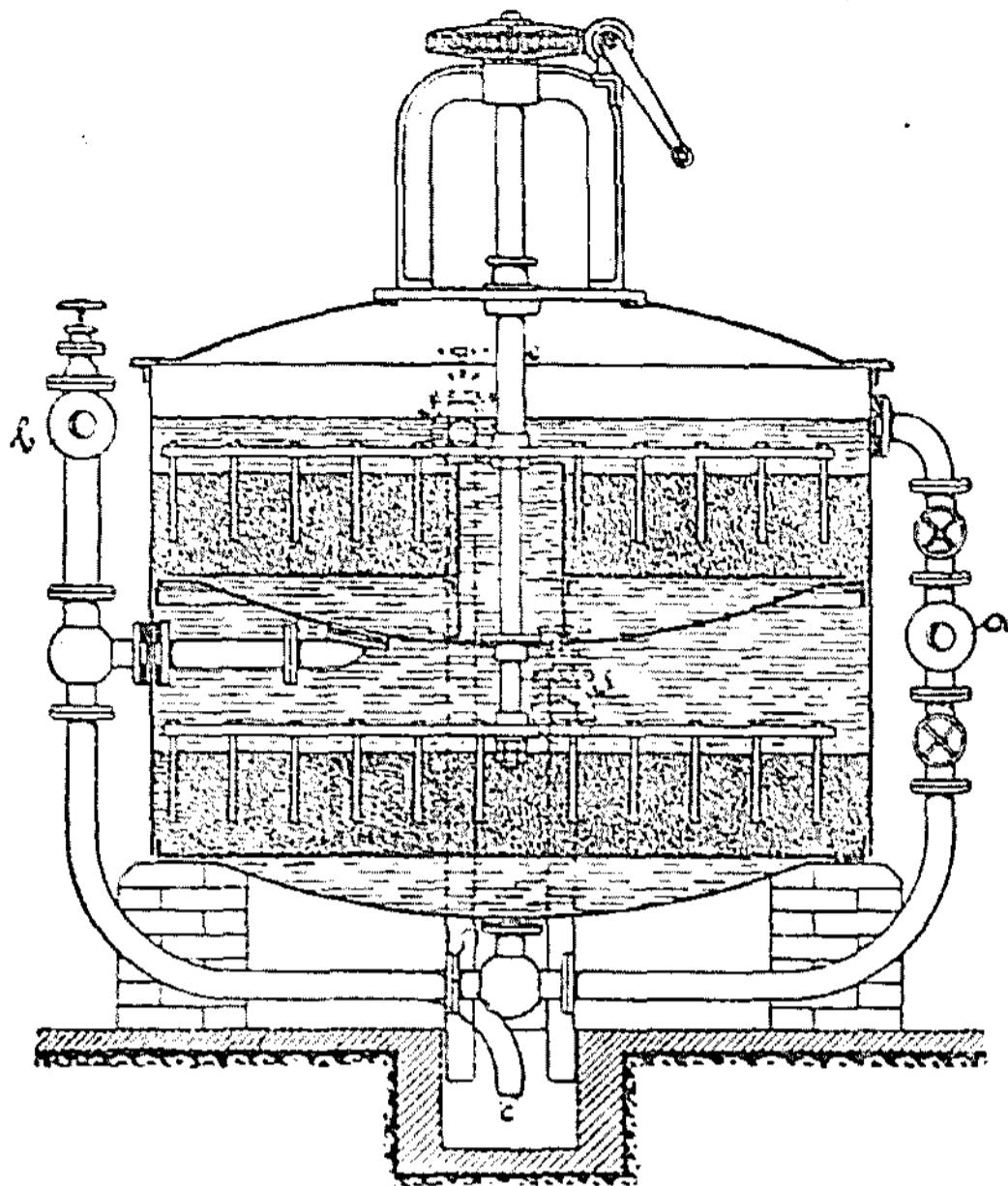


Epiphany

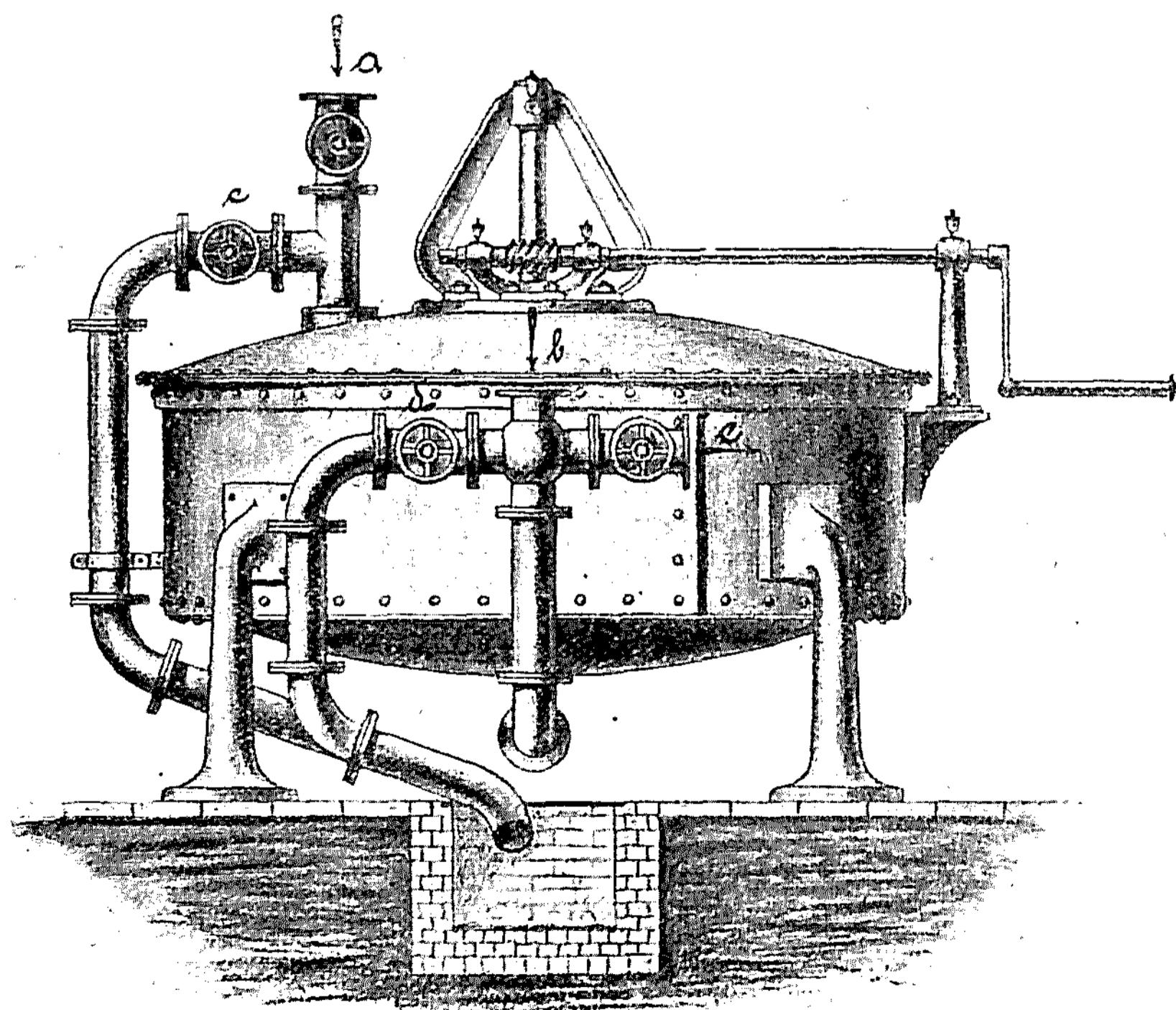
нижней задвижкѣ и закрытой верхней. Черт. 26, 27, 28 и 29 изобра-

жаютъ вращающіеся фильтры, вслѣдствіе чего фильтрующій матеріалъ постоянно промывается и работаетъ равномѣрно. На черт. 26 и 27 вода поступаетъ чрезъ ось, затѣмъ идетъ изъ внешняго кожуха, чрезъ слои песка или каменной дресвы, въ средній слой барабана, откуда отводится чрезъ вторую цапфу оси наружу въ очищенному видѣ.

На чертежахъ 28 и 29 показаны вращающіеся фильтры, въ которыхъ входъ воды въ фильтръ слѣдуетъ по наружному периметру.



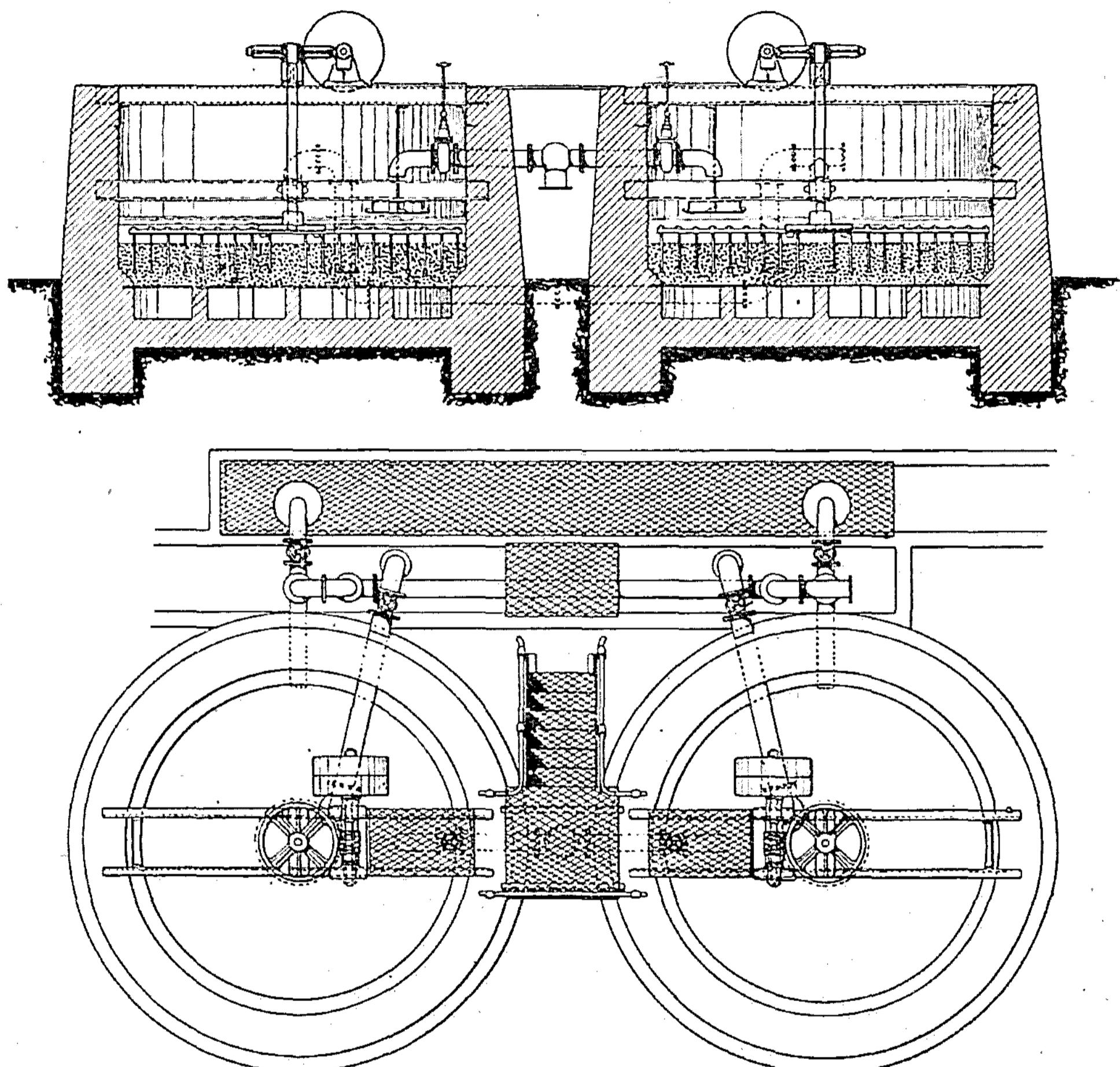
Черт. 23.



Черт. 24.

Для всѣхъ этихъ фильтровъ разсчетныя данныя таковы: на 1 куб.

метръ очищаемой въ часть воды полагается 0,2 кв. метра поверхности фильтра, чмму соотвѣтствуетъ скорость въ  $5 \frac{\text{метровъ}}{\text{часъ}}$ , которая можетъ воз-  
растать до  $8 \frac{\text{метровъ}}{\text{часъ}}$ ; толщина фильтрующаго слоя колеблется между 250 и 350 миллиметрами. Промываніе фильтровъ происходитъ каждыя

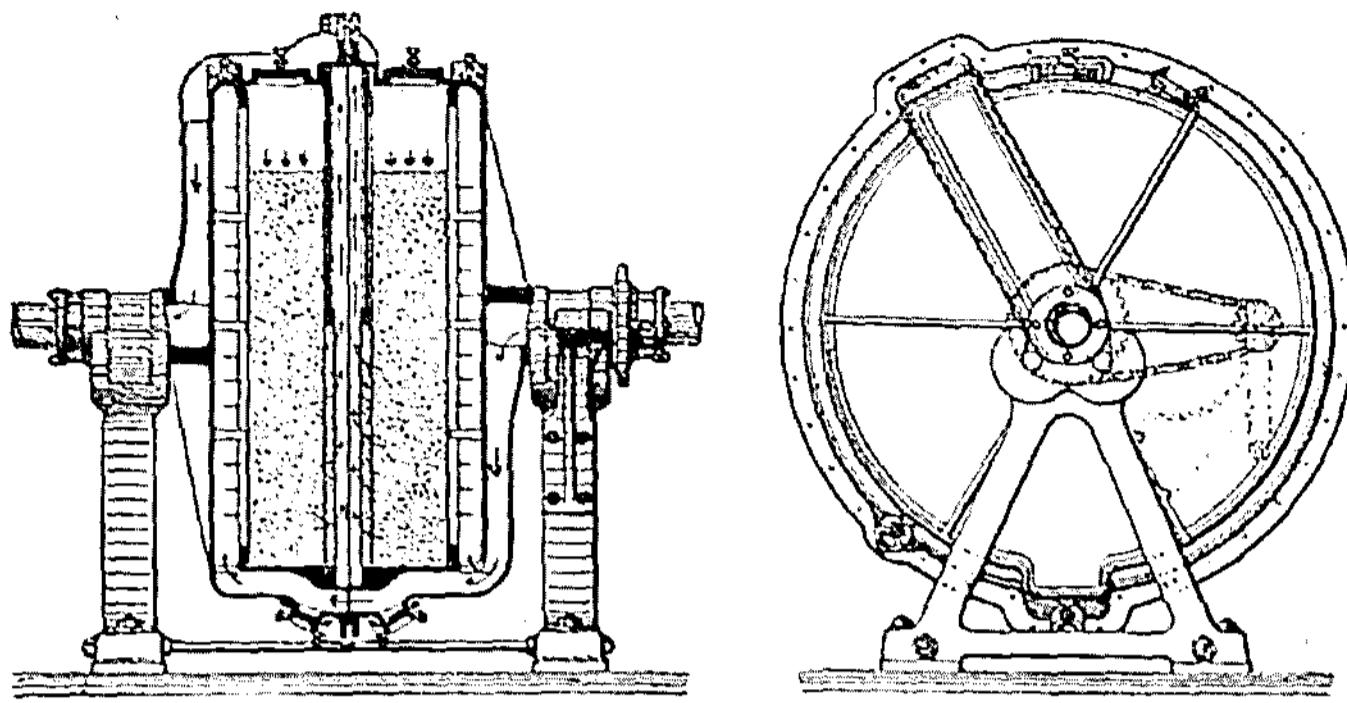


Черт. 25.

сутки въ продолженіе 10 минутъ. Нѣкоторые изъ этихъ фильтровъ работаютъ съ коагулянтами, въ нѣкоторые изъ нихъ поступаетъ вода, изъ водоочистительныхъ аппаратовъ, работающихъ химическимъ путемъ и, наконецъ, нѣкоторые очищаютъ воду непосредственно одной фильтраціей.

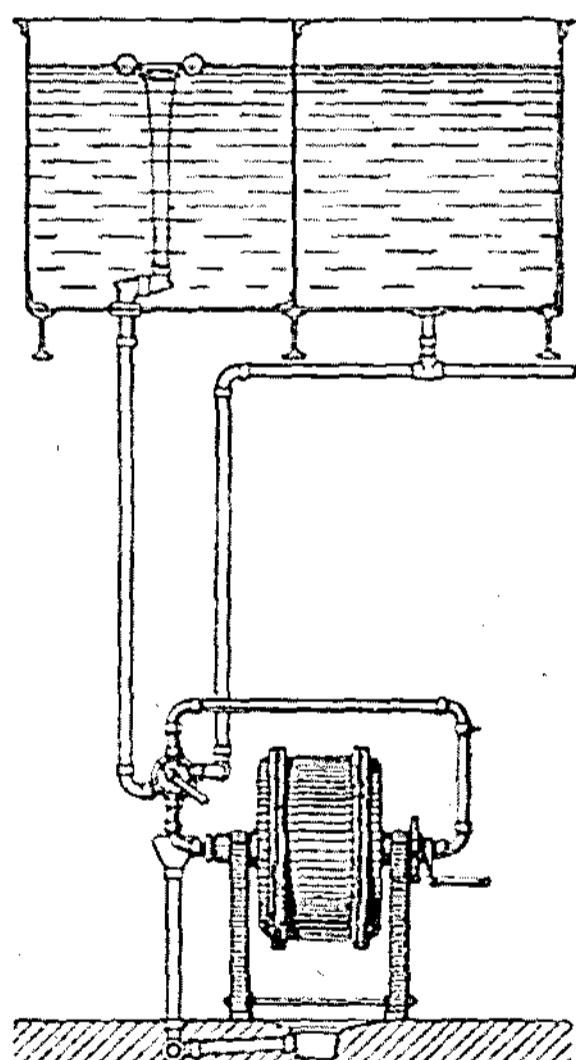
Есть еще цѣлая серія фильтровъ, гдѣ фильтрующимъ материаломъ является пористый камень. Черт. 30 представляетъ подобный фильтръ фирмы *H. Breuer & C°*. Направленіе движенія воды указаны стрѣлками и будетъ еще разъ разсмотриваться въ слѣдующей главѣ. На чер-

тежъ 31а изображенъ фильтръ системы *Dehne*, который состоитъ изъ крѣпкой рамы, на двухъ направляющихъ которой помѣщены особые щиты съ рѣшетообразными отверстіями, между которыми помѣщаются

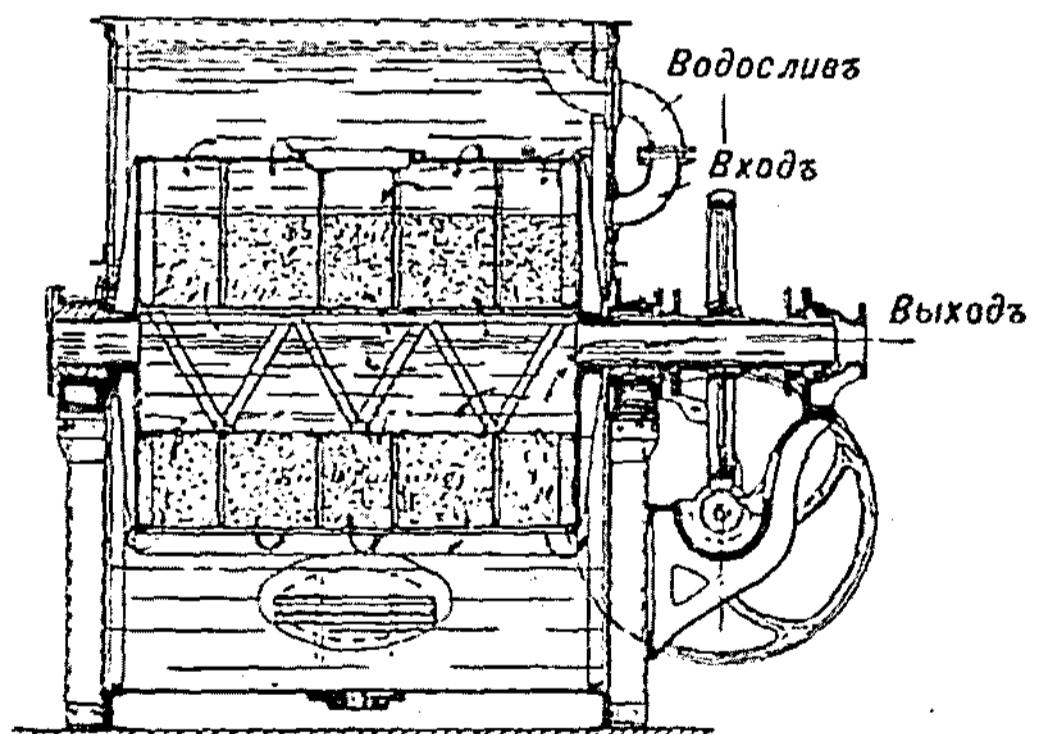


Черт. 26.

фильтрующіе платки. Когда соотвѣтственно качеству очищаемой воды набрано достаточное количество отдѣльныхъ щитовъ, то всѣ они стягиваются вмѣстѣ болтами. Очищаемая вода по входному каналу вливается во внутрь камеръ и оттуда, пройдя фильтрующій материалъ, поступаетъ въ сбор-

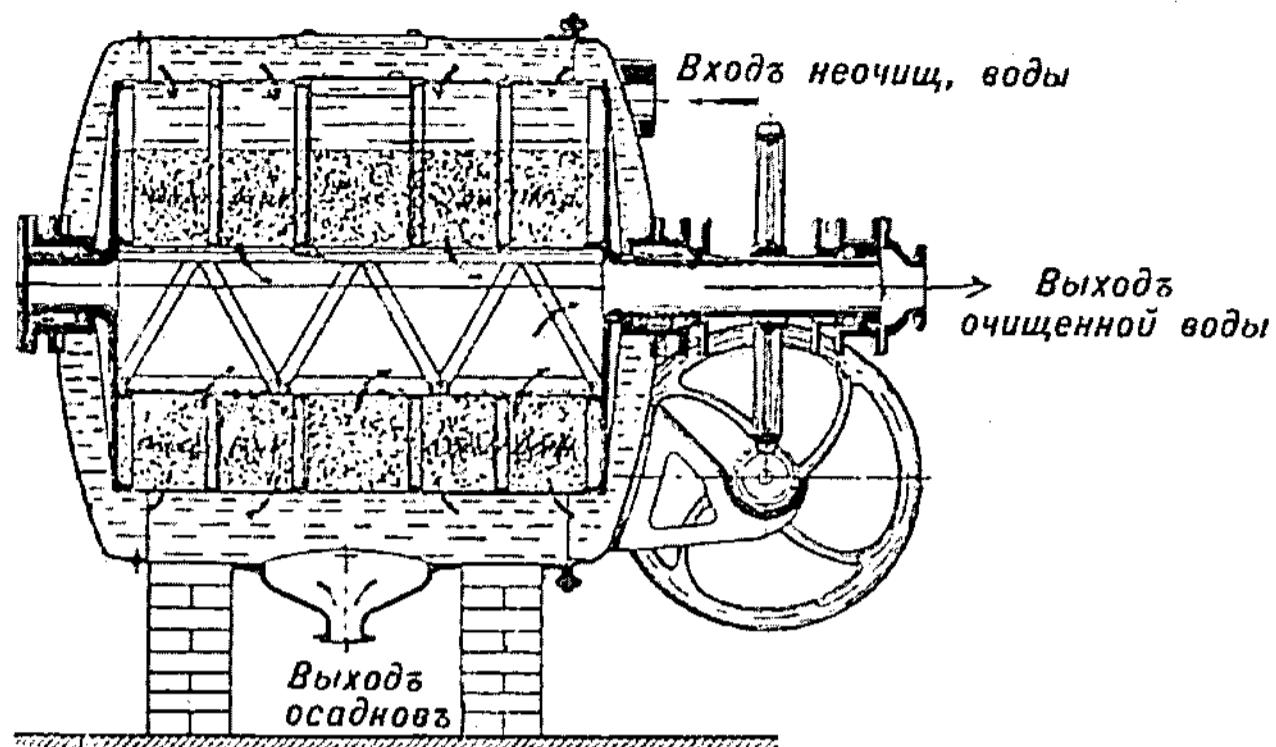


Черт. 27.

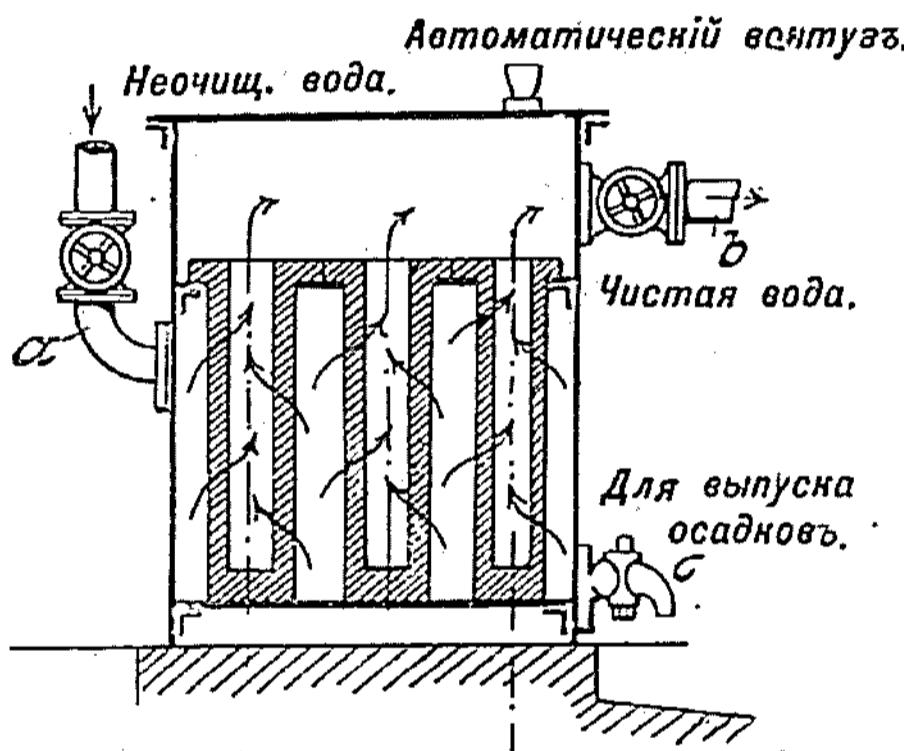


Черт. 28.

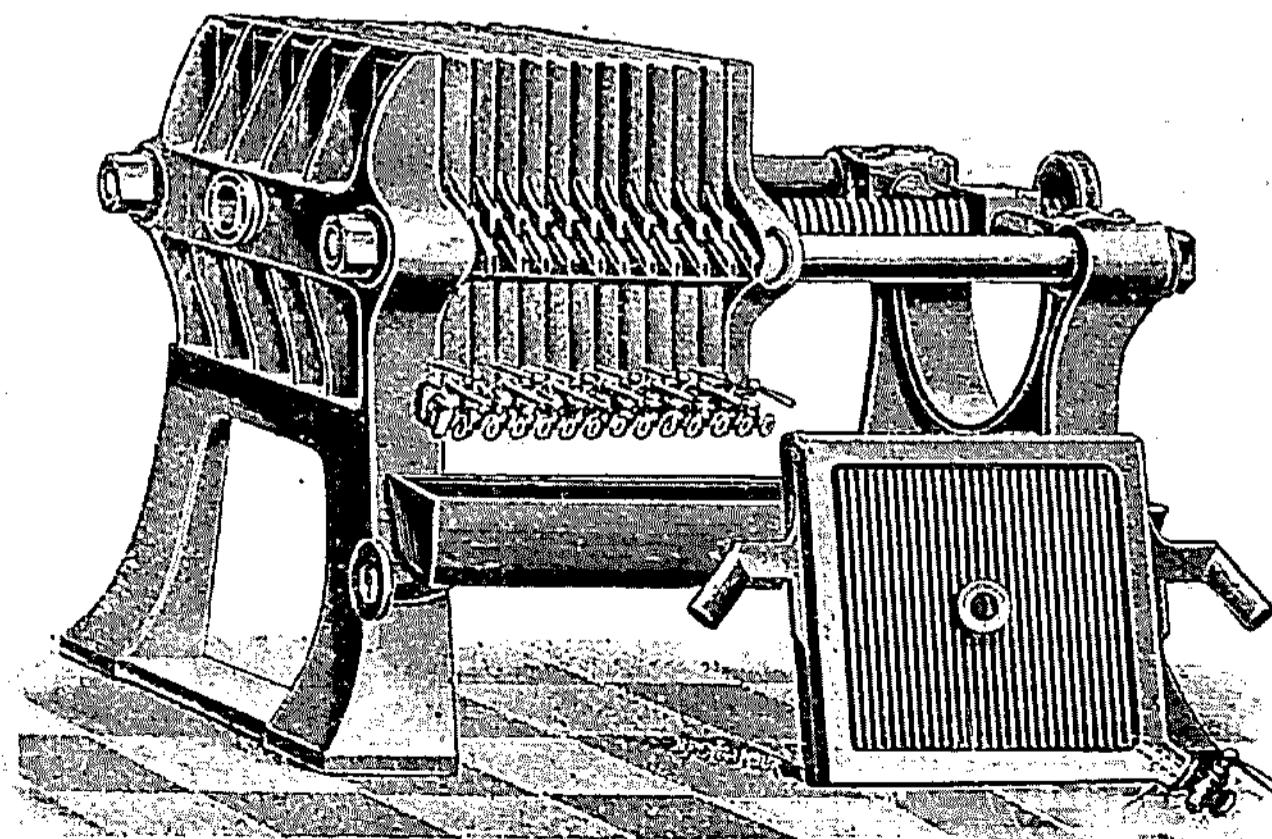
ный каналъ. Твердыя частицы остаются на фильтрующіхъ платкахъ; поэтому очистка этого аппарата очень затруднительна: его необходимо разобрать, вымыть фильтрующіе платки и вновь все собрать. На чер. 31б показана комбинація фильтровъ *Dehne* съ отстойными бассейнами; бассейновъ имѣется два, и работаютъ они поперемѣнно; когда въ одномъ вода отстаивается, изъ другого освѣтленная вода можетъ быть взята къ употребленію. Осадки со дна бассейновъ забираются всасывающей трубою насоса и прогоняются чрезъ фильтры *Dehne*; твердыя



Черт. 29.

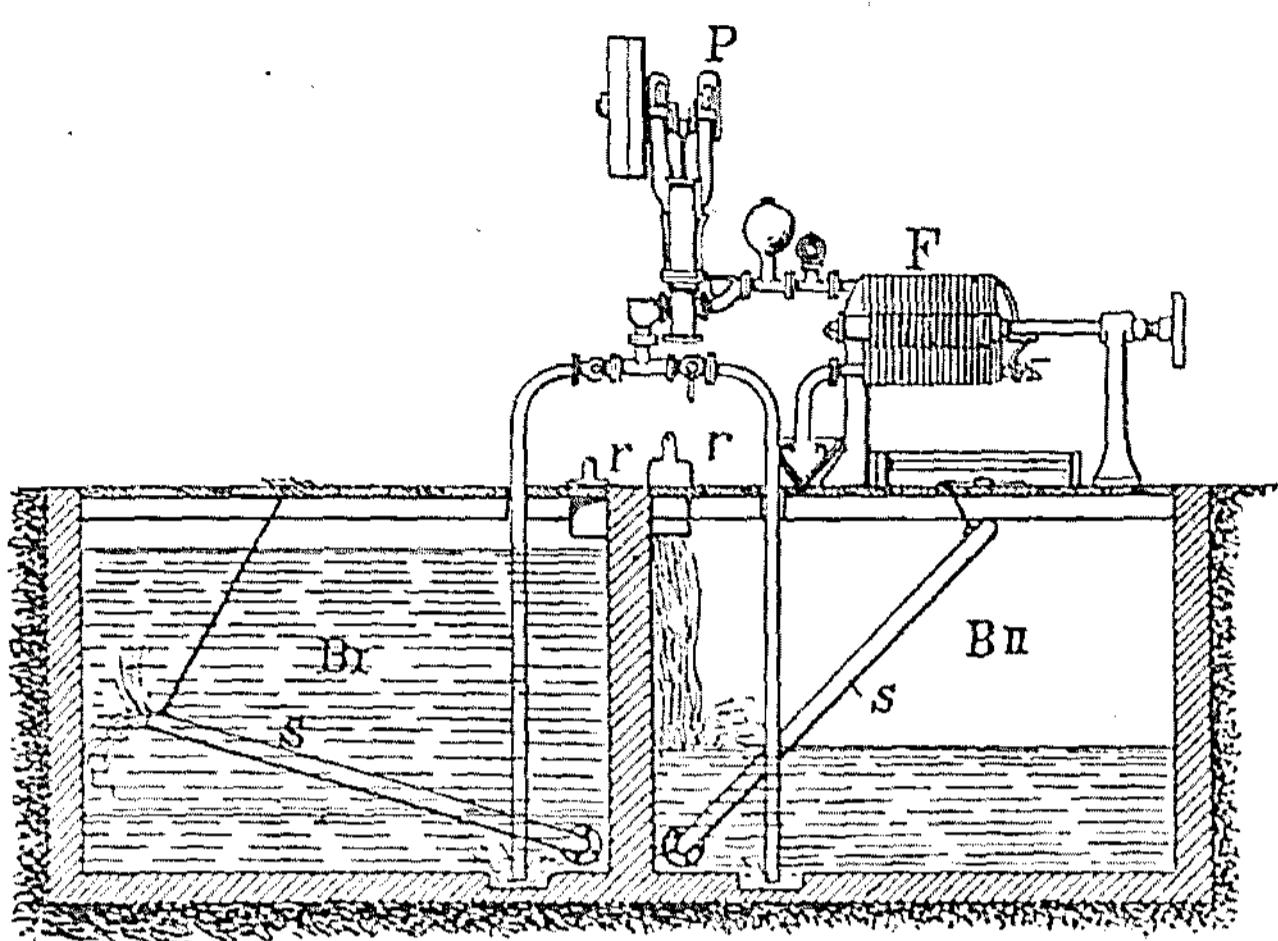


Черт. 30.



Черт. 31 а.

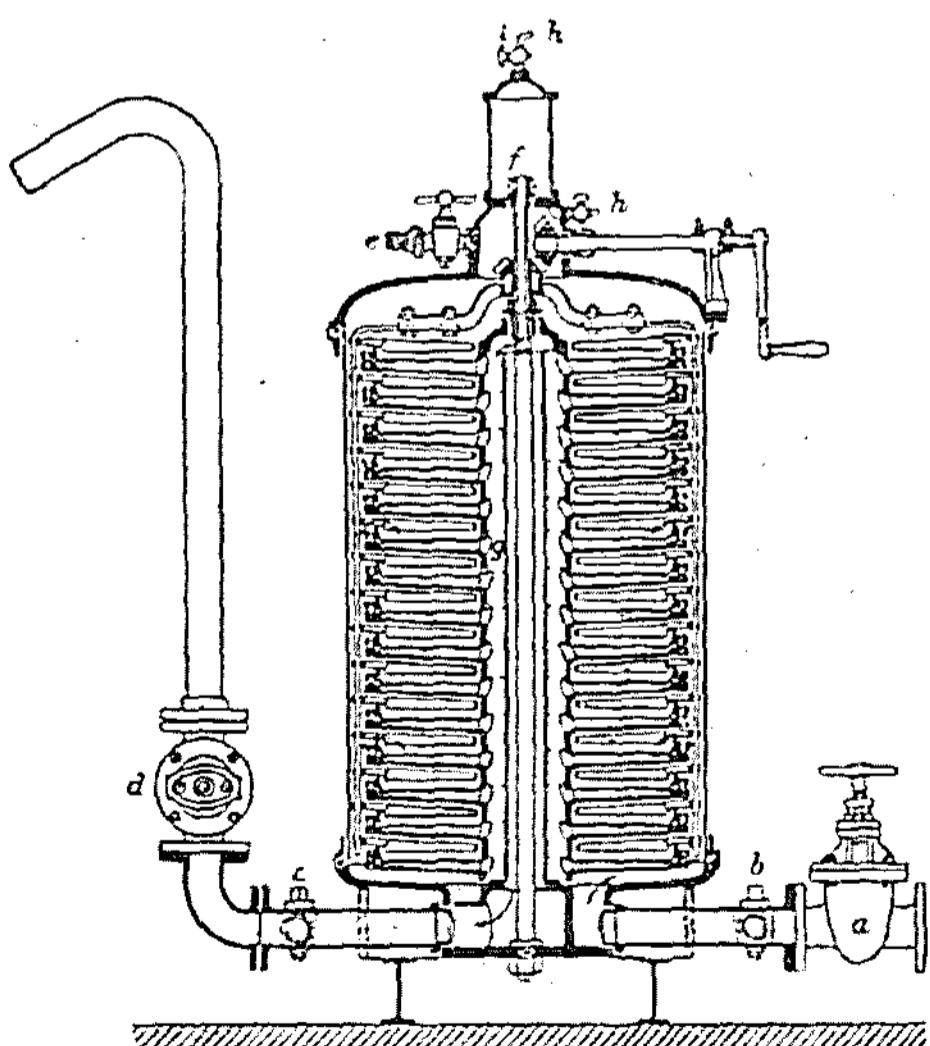
частицы остаются въ фильтрѣ, а вода, освѣтлившись, выходитъ наружу. На черт. 32 показанъ фильтръ фирмы *Arnold und Schirmer* въ Берлінѣ;



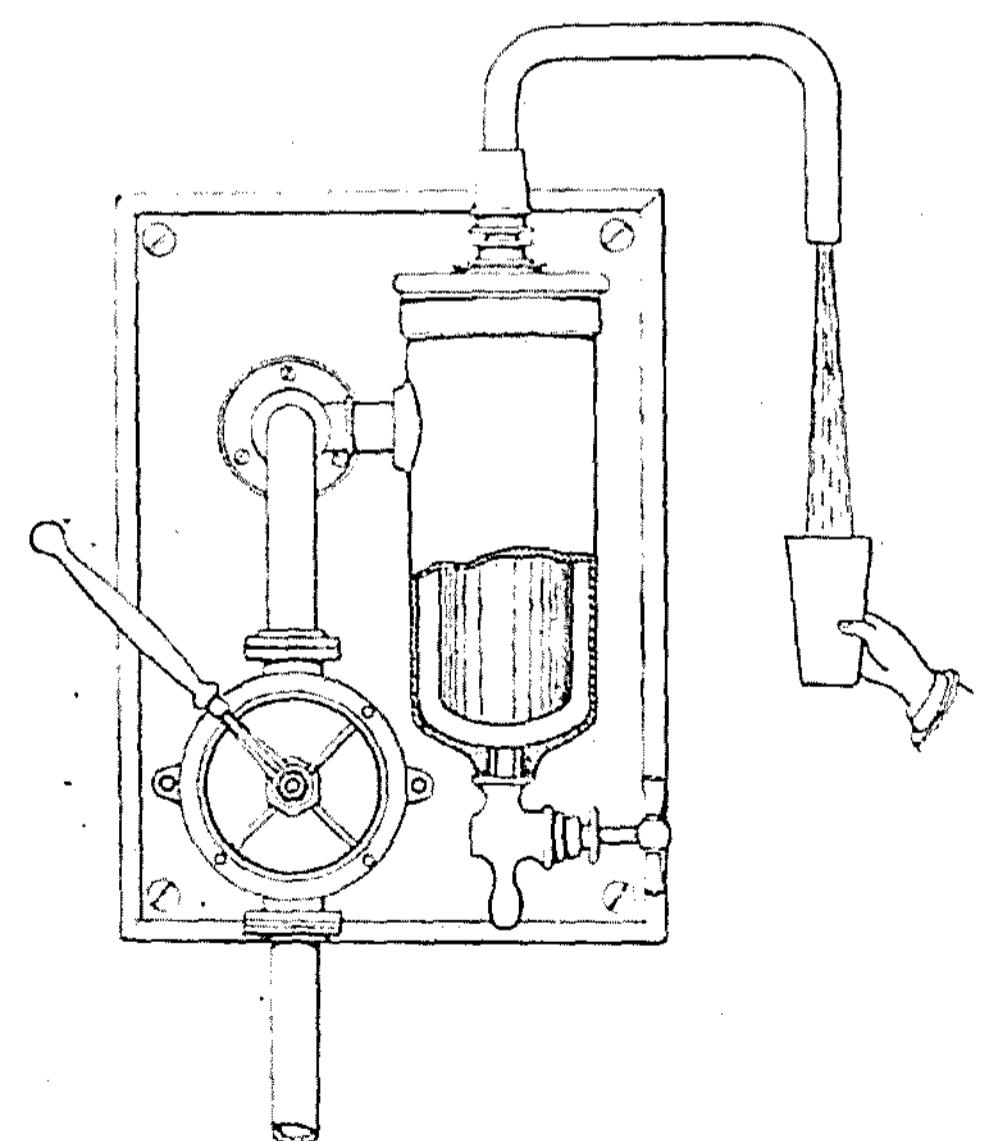
Черт. 31 б.

дить въ *a* и вдоль наружныхъ стѣнокъ цилиндра подымается наверхъ, а затѣмъ, опускаясь внизъ, проходить фильтрующую массу и собирается

въ качествѣ фильтрующаго материала примѣнена азбестовая целулоза; фильтръ, занимая немногого мѣста, имѣть большую фильтрующую поверхность. Внутрицилиндра аппарата расположены слегка наклонные пластинки съ проволочными сѣтками, на которыхъ лежитъ фильтрующій материалъ. Вода входитъ въ *a* и вдоль наружныхъ стѣнокъ цилиндра подымается наверхъ, а затѣмъ, опускаясь внизъ, проходить фильтрующую массу и собирается



Черт. 32.



Черт. 33.

въ трубѣ *g*. Очистка фильтра можетъ производиться обратнымъ токомъ воды, для чего помѣщены у входа и выхода задвижки *b* и *c*.

Фильтры изъ пористаго материала съ успѣхомъ примѣняются для хозяйственныхъ нуждъ, какъ это показано на черт. 33.

## Химическая очистка воды.

Химическая очистка воды определяется качествомъ и количествомъ растворенныхъ въ водѣ примѣсей. Наиболѣе часто встречаemyя въ практикѣ задачи, которая приходится разрѣшать въ этомъ направлениі, состоять въ освобожденіи воды отъ растворенныхъ въ ней солей желѣза и углекислыхъ и сѣрнокислыхъ соединеній магнезіи и извести.

### Очистка жѣлезистыхъ водъ.

Очистка воды отъ жѣлезистыхъ примѣсей не представляетъ серьезныхъ затрудненій, такъ какъ она можетъ происходить самопроизвольно при оставлешіи воды на долгое время въ покоѣ; тогда появляется слегка замѣтная на глазъ, красноватая муть, которая затѣмъ превращается въ лоскутообразный, краснокоричневый осадокъ. Болѣе успѣшно идетъ отдѣленіе желѣза окисленіемъ, для чего водѣ должно быть сообщено достаточное количество кислорода. Химическій процессъ очистки воды состоить въ томъ, что кислородъ воздуха переводить растворенную въ водѣ закись желѣза  $\text{FeO}$  въ нерастворимый гидратъ окиси желѣза  $\text{Fe(OH)}_3$ ; количество кислорода, которое можетъ поглотить вода, опредѣляется опытами; самое насыщеніе воды кислородомъ производится тѣмъ, что воду, для увеличенія поверхности ея соприкасанія съ воздухомъ, разбиваютъ на мелкія капли, помошью металлическаго сита и заставляютъ ее падать съ определенной высоты. Высоты эти опредѣляются содержаніемъ примѣсей и по результатамъ опытовъ имѣютъ слѣдующія величины:

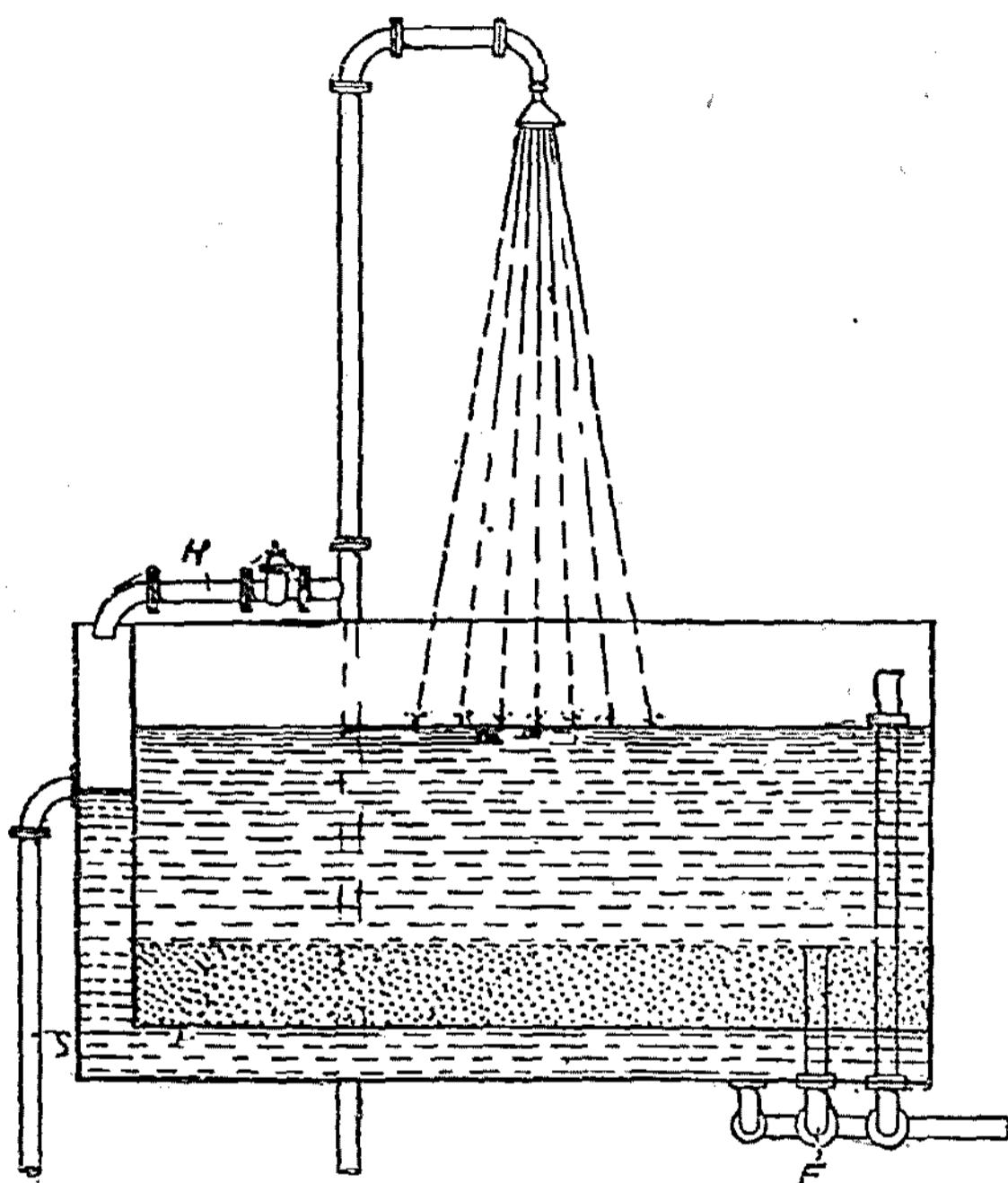
ТАБЛИЦА № 10.

Высоты паденія воды.	На 100 літр. воды со- держится кислорода въ граммахъ.
Непосредственно при выходѣ изъ сита	2,25
При высотѣ паденія воды въ 10 сант.	3,10
» » » » » 25 »	3,50
» » » » » 50 »	4,10
» » » » » 100 »	6,80
» » » » » 200 »	7,38

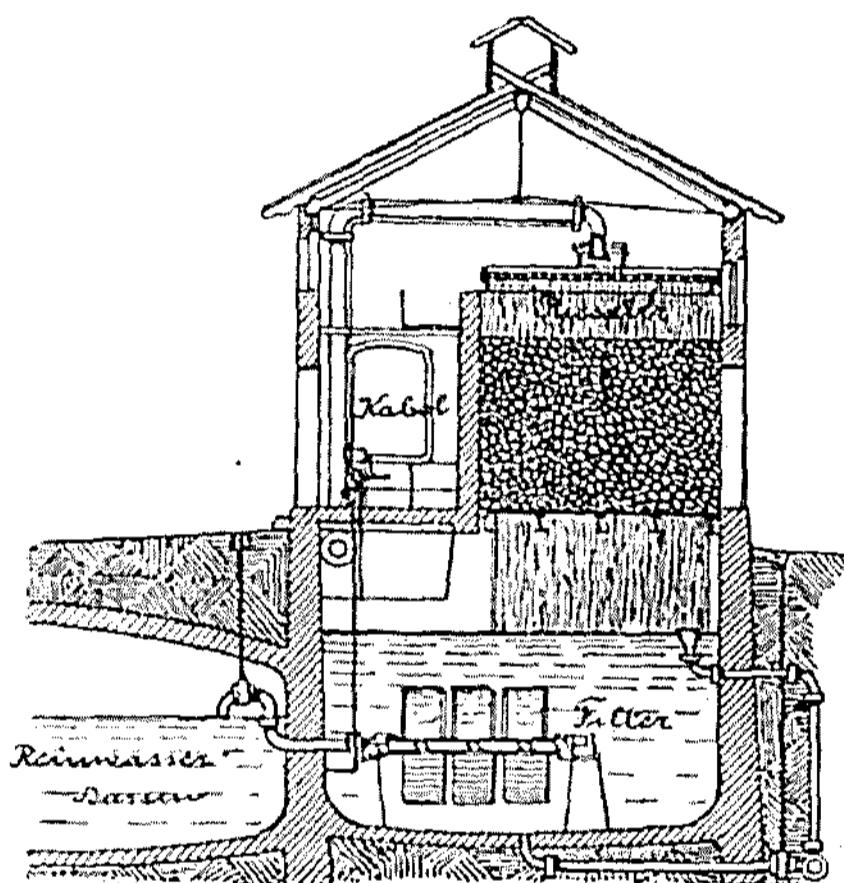
Полное насыщеніе воды кислородомъ такимъ способомъ происходитъ, какъ скоро 100 литровъ воды содержать 7,69 граммовъ кислорода. Необходимо замѣтить, что для окисленія 1,5 граммовъ закиси желѣза нужно 0,123 литра кислорода и по этой данности можно всегда опредѣлить не-

обходимое количество кислорода на 100 литровъ воды, а слѣдовательно, и потребную высоту паденія воды, какъ скоро известно содеряніе желѣза въ ней, а именно: надо опредѣлить химическимъ анализомъ количество закиси желѣза въ 100 літрахъ воды и на каждые 1,5 грамма закиси желѣза положить 0,123 літра кислорода, что соотвѣтственно его удѣльному вѣсу при 0° и 760 мм. давленія равно 0,175 грамма, и затѣмъ по таблицѣ № 10 подобрать соотвѣтствующую высоту паденія воды \*).

Простота приборовъ для очистки воды отъ желѣза



Черт. 34.



Черт. 35.

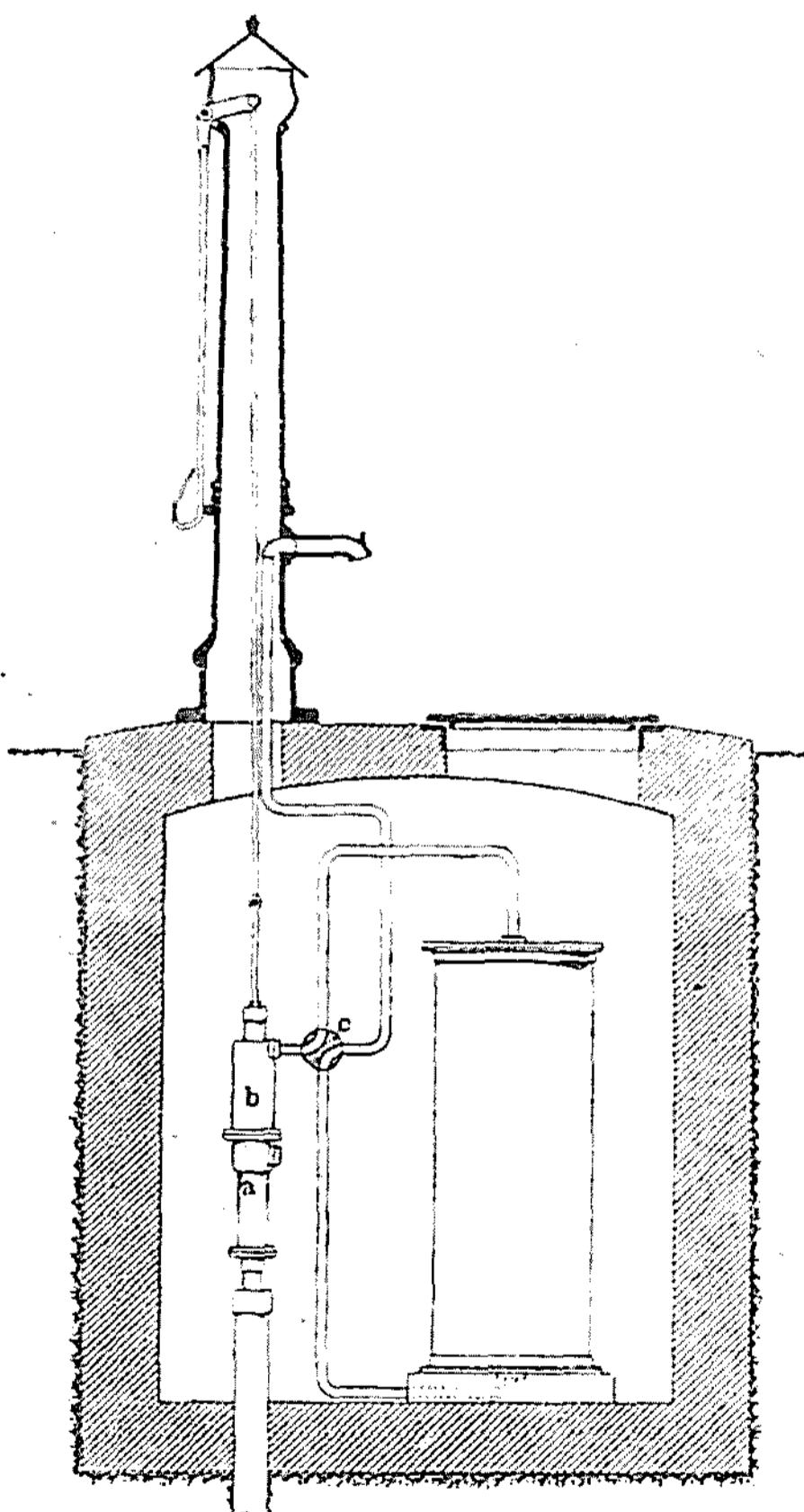
видно изъ чертежа 34. Приборъ состоитъ изъ сита, устанавливаемаго на опредѣленной высотѣ, которымъ вода раздробляется на капли на подобіе дождя.

Для задерживанія образовавшагося осадка устроенъ фильтръ изъ крупнаго песка съ небольшими камешками; для обратнаго промыванія фильтра устроенъ водопроводъ Н. Этотъ способъ очистки воды примѣненъ впервые инженеромъ *Oesten*. Другой способъ принадлежитъ инженеру *Piefke*, который разбиваетъ воду на капли, пропуская её черезъ куски кокса, деревянныя доски (*Wasserwerk am Müggelsee*) или кирпичи, поставленные на ребро въ клѣтки, такъ называемыя градирни. Этотъ способъ не всегда примѣнимъ при желѣзнодорныхъ водоснабженіяхъ и особенно удобенъ при самотечныхъ водопроводахъ. Чертежъ 35 представляетъ подобное устройство, состоящее изъ сита, коксоваго фильтра-

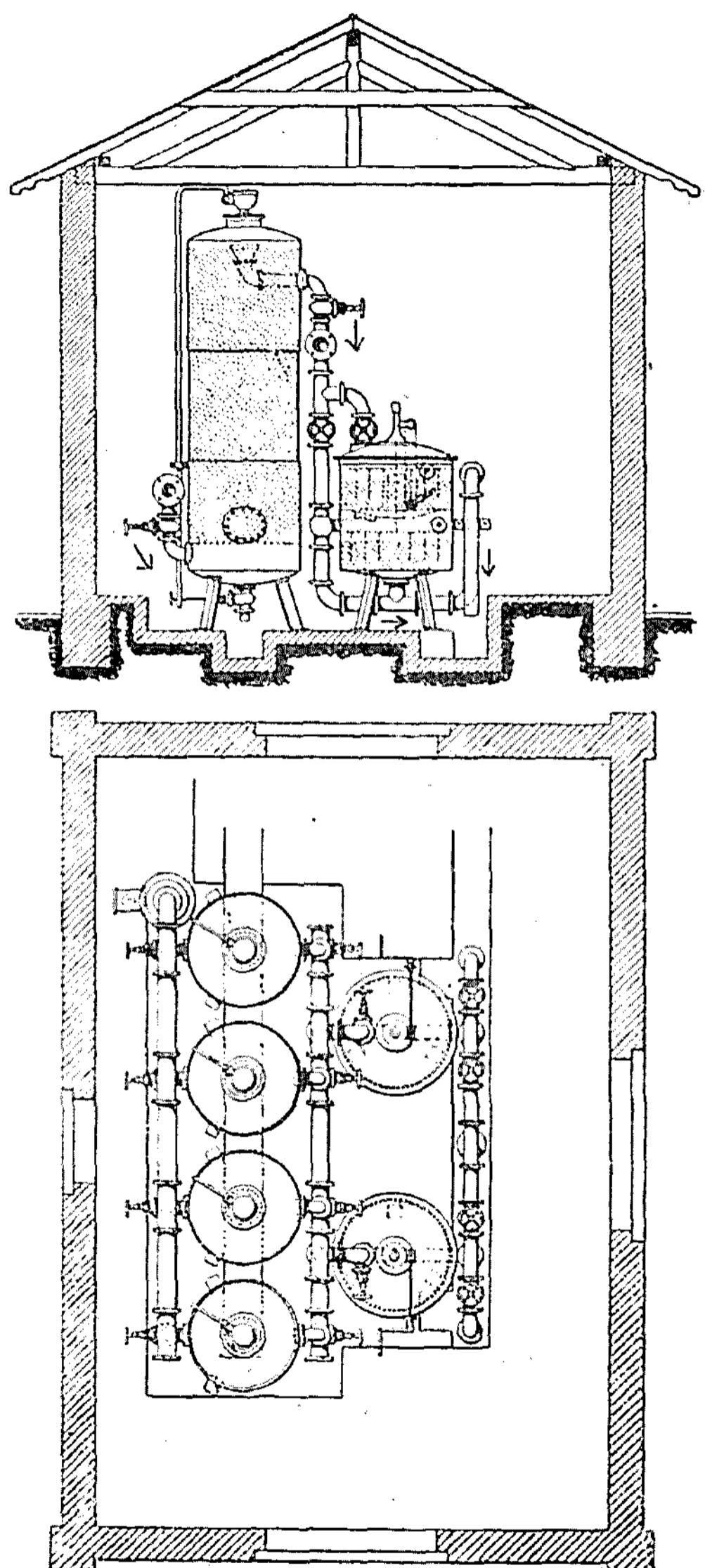
\* ) Эта же цѣль достигается озонованіемъ воды.

градирни, вращающагося фильтра и бассейна для чистой воды. Здесь, какъ и раньше, всѣ заботы направлены къ тому, чтобы подѣлить воду на болѣе мелкія капли; для вращающагося фильтра, какъ матеріалъ для фильтрованія, берутъ обыкновенно промытый и просеянный песокъ съ зернами величиною 2 — 3 мм. Необходимы при этомъ также приспособленія для промывки материала фильтра и удаленія скопляющагося въ фильтрѣ осадка. Обыкновенно количество кокса разсчитываютъ такъ, чтобы 1 куб. метръ его очищалъ въ часть при среднемъ содержаніи желѣзистыхъ примѣсей, около 1 куб. метра воды (Kiel und Rendsburg). Достойны вниманія дальше пѣкоторые чисто химическіе способы очищенія воды отъ желѣза. Разумѣется, что всѣ реактивы прибавляются къ водѣ въ зависимости отъ количества и качества заключающихся въ ней примѣсей. Сюда принадлежитъ обезжелѣзиваніе примѣненіемъ въ фильтрахъ бумажной шерсти, препарированной окисью олова. Находящійся въ водѣ кислородъ долженъ быть чрезъ окись олова перенесенъ на растворенную въ водѣ окись желѣза и перевести её въ нерастворимый гидратъ окиси желѣза; фильтры дѣйствуютъ автоматически для уменьшенія эксплоатационныхъ расходовъ. Для этой же очистки Kröhnke примѣняетъ хлорное желѣзо и извѣсть, а Lübbert Steckel — одну извѣсть. Существуетъ еще много способовъ химическаго обезжелѣзиванія воды, но всѣ они не могутъ быть рекомендованы вообще, такъ какъ требуютъ большой внимательности и даютъ другія нежелательныя примѣси. Наиболѣе цѣлесообразными являются описанные два первые способы, хотя при нихъ и приходится строить высокія водонапорныя башни. Устройство коксовыхъ очистителей въ большинствѣ случаевъ вызываетъ потребность во второмъ насосѣ для поднятія уже отфильтрованной, чистой воды; этотъ способъ, хотя и болѣе дорогой нежели первый, все-таки выгоднѣе иногда практикуемаго при грунтовыхъ водахъ слѣдующаго приема: въ мѣстѣ поступленія воды въ колодезь приводить насыщенную кислородомъ воду; тогда очистка воды происходитъ въ самомъ колодцѣ, но при этомъ онъ настолько засоряется осадками, что доставка воды прекращается. Существуютъ также напорные аппараты, гдѣ обезжелѣзиваніе происходитъ въ закрытыхъ фильтрахъ изъ крупнаго песка при притокѣ воздуха; въ основаніи ихъ лежитъ принципъ совмѣстнаго дѣйствія воздушнаго и водяного насосовъ, такъ чтобы одновременно въ аппаратъ съ опредѣленнымъ количествомъ воды поступало соотвѣтственное количество воздуха. Аппаратъ наполненъ крупнымъ пескомъ, величина зеренъ котораго опредѣляется расчетомъ. На чертежѣ 36 изображенъ подобный аппаратъ въ примененіи къ водоразборному крану. Эти аппараты имѣютъ возможность подавать въ любомъ количествѣ очищенную отъ желѣза воду. Успѣшное дѣйствіе такихъ аппаратовъ обусловливается правильнымъ выборомъ со-

отношенија количествъ воздуха и воды, а также правильнымъ выборомъ толщины фильтрующаго слоя и скоростью протекающей воды. Какъ видно изъ чертежа, въ аппаратахъ имѣется приспособленіе для промывки фильтра обратнымъ токомъ воды, что производится поворотомъ четверного крана, мѣняющаго въ зависимости отъ своего положенія направлениe попадающей въ фильтръ воды. На чертежѣ 37 изображено по-



Черт. 36.



Черт. 37.

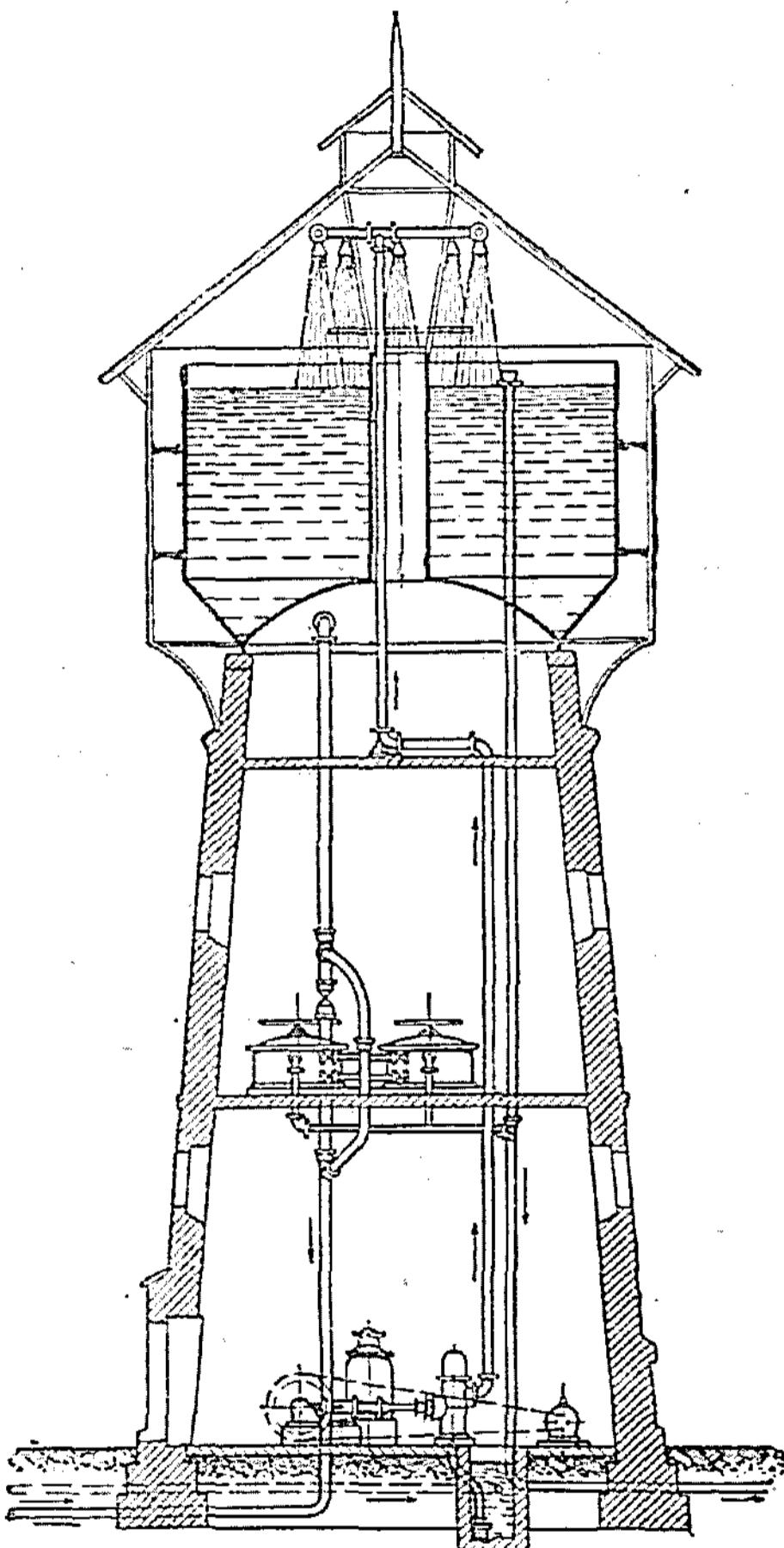
добное устройство изъ нѣсколькихъ отдѣльныхъ цилиндровъ: воздухъ здѣсь съ помощью компрессора нагнетается въ напорную трубу и вмѣстѣ съ водою поступаетъ въ особый резервуаръ, спабженный лопастями для болѣе энергичнаго перемѣшиванія воды и воздуха между собою; затѣмъ смѣсь поступаетъ въ большой сосудъ, верхняя часть котораго наполнена особой массой, соотвѣтственно предварительному анализу воды; эта

масса не даетъ загниваний, вслѣдствіе своей неорганической природы; она должна быть пориста и съ острыми зернами, чтобы имѣть наибольшую поверхность для лучшаго дѣйствія на протекающую воду. Смѣсь воды и воздуха поднимается медленно спизу на верхъ сосуда, гдѣ воздухъ освобождается и выходитъ наружу чрезъ автоматическій вентиль, а вода идетъ по центральной трубѣ внизъ на фильтръ изъ мелько-зернистаго песка, чтобы оставить тамъ осадокъ изъ нерастворимыхъ желѣзистыхъ соединеній. Пористая масса, а также песокъ фильтра должны быть время-отъ-времени промываемы; пополнять же ихъ не приходится, такъ изнашиваніе слоевъ не происходитъ; очищенная этимъ аппаратомъ вода содержитъ, смотря по первоначальному своему качественному и количественному составу, отъ 0 до 0,1 грамма желѣзистыхъ примѣсей въ 1 куб. метрѣ, тогда какъ аппараты другихъ конструкцій уменьшаютъ содержаніе желѣза въ водѣ лишь до 0,3 грамма.

Чертежъ 38 представляетъ желѣзодорожное водоемное зданіе, помѣщенное надъ колодцемъ, изъ котораго берется вода, поднимаемая затѣмъ вверхъ; здѣсь она проходить чрезъ сита и окисляется, а затѣмъ, при выходѣ изъ бака, проходить чрезъ включенные въ разводящую трубу фильтры и, въ такомъ видѣ, поступаетъ къ мѣстамъ по требленію.

Въ заключеніе считаю не лишнимъ привести нѣсколько примѣровъ изъ существующихъ сооруженій.

1) *Обезжелѣзивание воды въ Килѣ.* Киль имѣть 86.000 жителей. Въ 1866—1870 годахъ было въ немъ устроено водоснабженіе изъ высоко-расположенного надъ городомъ пруда; затѣмъ, вслѣдствіе постояннаго возрастанія расхода воды въ разные сроки оно было пополнено водоснабженіемъ изъ грунтовыхъ водъ. Послѣднее по времени сооруженіе на Schulensee представляетъ изъ себя рядъ абиссинскихъ колодцевъ, расположенныхъ на берегу озера и въ самомъ озерѣ; вода изъ этихъ



Черт. 38.

колодцевъ, какъ показали анализы, содержать желѣзистыя примѣси въ количествѣ 2—11 миллиграммовъ на 1 литръ ея. Неудобства въ получении и употреблениіи воды съ такимъ высокимъ содержаніемъ окиси желѣза заставили водопроводную администрацію обратить серьезное вниманіе на состояніе Кильскаго водоснабженія: послѣ нѣсколькихъ неудачныхъ попытокъ домашняго характера были вызваны въ Киль инженеры Берлинскаго водопровода *Oesten* и *Piefke* уже извѣстные своими работами въ этой области, которые тотчасъ же приступили къ рѣшенію вопроса опытнымъ путемъ, а именно: были устроены 3 рода фильтровъ изъ коры, чистаго песка и кокса, на которые вода поступала, предварительно пройдя особыя сита. Кора оказалась неудобной въ качествѣ фильтрующаго материала, такъ какъ сама впитывала воду и быстро загрязнялась; песокъ не такъ быстро загрязнялся, но оба эти очистители изъ коры и песка требовали продолжительнаго времени фильтраціи при скорости 300 мм. въ часъ.

Третій способъ очищенія воды чрезъ коксовые фильтры оказался удачнѣе: желѣзистыя примѣси переводились не только въ нерастворимый, но даже въ лоскутообразный осадокъ, который могъ затѣмъ быть легко удаленъ. На основаніи этихъ опытовъ очистительная станція въ Килѣ получила слѣдующее устройство (черт. 39): въ бетонномъ зданіи устроена воздушная камера, имѣющая 8 отдѣленій для фильтровъ очистителя, въ которыхъ коксъ засыпанъ слоемъ въ 3 метра толщиною; поверхность фильтровъ каждого отдѣленія равна 25 кв. метрамъ. Необходимый для вентиляціи воздухъ приводится чрезъ окна съ жалюзями. Вода изъ приводной трубы чрезъ 8 гранный водосливъ *Ronselet* выливается въ поперечную распределительную трубу, которая чрезъ отверстія въ днѣ передаетъ воду другимъ продольнымъ изъ волнистаго желѣза желобамъ, откуда вода чрезъ особые листы изъ волнистаго желѣза поступаетъ на коксовые фильтры и далѣе затѣмъ въ отстойный бассейнъ, изъ которого она отводится на песчаные фильтры. Послѣ фильтровъ вода содержитъ около  $\frac{1}{6}$  первоначальнаго количества желѣзистыхъ солей. Въ отстойномъ бассейнѣ имѣется отводная труба, которая отводить часть воды въ случаѣ большой подачи, такъ какъ фильтры работаютъ лишь съ опредѣленною нагрузкою, о которой сказано ниже. Продолжительность эксплоатации коксовыхъ фильтровъ между промывками опредѣляется количествомъ очищенной воды, а именно, послѣ переработки 100.000 куб. метровъ желѣзистой воды поочередно чистится каждая половина фильтровъ воздушной камеры. По даннымъ эксплоатации твѣрдый, неломающійся коксъ предпочтительнѣе для фильтровъ; кирпичъ же неудобенъ тѣмъ, что образовавшіеся лоскутки изъ гидрата окиси желѣза при значительной скорости поступающей воды могутъ быть сорваны съ кирпичей и унесены

потокомъ воды въ отстойный бассейнъ. Скорость протеканія воды, принятая въ Киль, чрезъ коксовые фильтры = 300 — 400 сант. въ часъ. Верхъ коксовыхъ фильтровъ по распоряженія директора *Piffig'a* былъ впослѣдствіи покрытъ ивой сѣткой для предохраненія кокса отъ загрязненія.

Что касается песчаныхъ фильтровъ, то фильтрующій слой ихъ состоитъ сверху изъ слоя песка въ 70 сант. толщиною, и слоя обломковъ камня подъ нимъ толщиною 48 сант. Чистка фильтровъ производится тогда, когда верхняя илистая пленка возрастетъ на столько, что будетъ въ состояніи держать напоръ воды въ 40 сант. (пленка толщиною въ  $1\frac{1}{2}$  сан. въ состояніи выдержать напоръ въ 80 сант.) Промывка песка производится обыкновенной машиной. Скорость фильтраціи въ этихъ фильтрахъ  $1 - 1\frac{1}{2}$  метра въ часъ.

*Приблизительная постѣрка достаточности размѣровъ сооруженія.* Если предположить, что на каждого жителя Килья приходится 135 литровъ въ день (расходъ воды на человѣка въ день по Германскимъ нормамъ 100—150 литровъ), то общій суточный расходъ воды выражается:

$$0.135 \times 86000 = 11610 \text{ куб. метровъ}$$

а часовой расходъ:

$$11610 : 24 = 484 \text{ куб. метра}$$

но, такъ какъ одинъ куб. метръ кокса очищаетъ въ часъ 1 куб. метръ воды, то цифра 484 куб. метра выражитъ также требуемый объемъ кокса. Въ дѣйствительности же объемъ всего кокса въ очистителяхъ воздушной камеры равенъ (см. чер. 39).

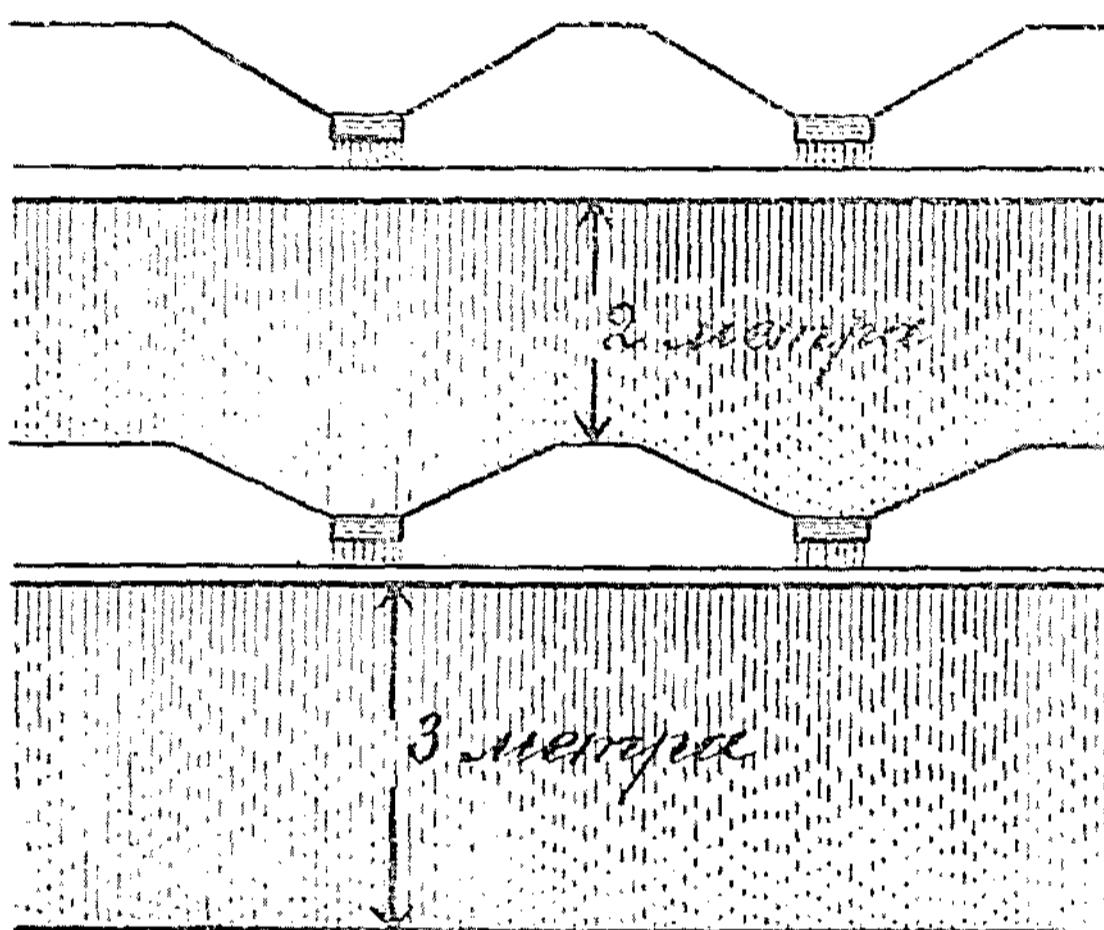
$(6.68 \times 3.22 \times 6 + 5 \times 6,18) \times 3 = 573 \text{ кб. метра,}$   
но такъ какъ 1 отдѣленіе очистителя всегда находится въ чисткѣ, то работаютъ остальные 7 отдѣленій съ объемомъ кокса въ

$$(6,68 \times 3.22 \times 6 + 5 \times 6,18) \times 3 = 480 \text{ кб. метра,}$$

что соответствуетъ требованіямъ стр. 29.

2) *Обезжелѣзиваніе воды въ Ренсбургѣ* изображено на чер. 40. Устройство воздушной камеры отличается отъ предыдущаго Кильскаго устройства тѣмъ, что коксовые очистители имѣютъ видъ цилиндрическихъ башенъ, числомъ три. Башни № 1 и № 2 заполнены сверху до низу коксомъ, а третья съ промежутками между отдѣльными кольцами кожуха. Сверху отдѣльныхъ колецъ башни № 3 и сверху башенъ № 1 и 2 помѣщены латунныя сита. Вода изъ особаго верхняго бассейна чрезъ отверстія въ латунныхъ его стѣнкахъ поступаетъ на сита, гдѣ уже замѣчается некоторый осадокъ. При закупориваніи отверстій ситъ необхо-

дима энергичная промывка. Чрезъ каждые 3 мѣсяца коксъ вынимается изъ металлическихъ кожуховъ башенъ чрезъ круглыхъ люковыхъ отверстія, чистится и идетъ вновь въ дѣло. Содержаніе углекислой закиси желѣза въ літрѣ воды равно 5 миллиграммамъ. При разсчетѣ предположено, что 1 кв. метръ поверхности кокса очищаетъ 5 кб. метровъ воды въ часъ, что соотвѣтствуетъ очищенію 1,7 кб. метра воды однимъ куб. метромъ кокса. Что касается сравнительного конструктивнаго достоинства очистителей № 1, 2 и № 3, то, по даннымъ практики, дѣйствіе ихъ оказалось равнозначущимъ. Вода пропущенная коксовыя башни поступаетъ на



Черт. 41.

черт. 41, а именно, вода будетъ приводиться деревянными корытами въ воздушную камеру и тамъ два раза разбиваться на капли, падая съ высоты 2 и 3 метровъ, т. е. предполагается перейти къ первому способу очистки воды отъ желѣзистыхъ примѣсей. Содержаніе закиси желѣза въ водѣ = 1 миллиграмму на 1 літръ воды.

4) Въ Шарлотенбургѣ на очистительной станціи примѣненъ кирпичъ, поставленный на крестъ на ребро. Въ общемъ устройство мало чѣмъ отличается отъ подобныхъ устройствъ въ Килѣ.

Есть также случаи примѣненія для этой цѣли стекляннаго кирпича (безъ свинца).

### Очистка жесткихъ водъ.

Подъ «смягченіемъ» воды понимаютъ обыкновенно удаленіе изъ химического состава по преимуществу известковыхъ и магнезіальныхъ растворенныхъ въ ней примѣсей.

Удаленіе этихъ примѣсей производится примѣшиваніемъ реактивовъ по двумъ методамъ:

фильтры, состоящи изъ слоя песку толщиною въ 60 сантиметровъ, расположеннаго на слоѣ щебня толщиною также 60 сантиметровъ. Принятая скорость фильтраціи 1 метръ въ часъ.

3) На *Muggelsee* въ Берлинѣ въ настоящее время поставлены вместо кокса доски ребрами, сколоченные между собою съ промежутками по 10 штукъ. Въ ближайшемъ будущемъ это устройство будетъ замѣнено другимъ по

1) помощью ёдкой извести, ёдкаго натра и соды вмѣстѣ или помощью каждого въ отдѣльности.

2) помощью углекислаго барія и извести вмѣстѣ или отдельно.

Существуетъ еще нѣсколько способовъ, которые однако не примѣняются на практикѣ.

Прежде всего подлежать удаленію тѣ изъ растворенныхъ въ водѣ примѣсей, которые образуютъ на стѣнкахъ котла котельный камень; къ нимъ относятся:

- 1) Двууглекислый кальцій  $\text{Ca H}_2 (\text{CO}_3)_2$
- 2) Двуглекислый магній  $\text{Mg H}_2 (\text{CO}_3)_2$
- 3) Гипсъ или сѣрнокислый кальцій  $\text{Ca SO}_4$
- 4) Хлористый магній  $\text{Mg Cl}_2$
- 5) Глинистая и желѣзистая примѣси
- 6) Органическія вещества

Достойно вниманія еще то обстоятельство, что изъ упомянутыхъ примѣсей хлористый магній растворяется только при 4 и болѣе атмосферахъ давленія; при этомъ онъ распадается на гидратъ окиси магнія и соляную кислоту; первый идетъ на образованіе котельного камня, а вторая вредна тѣмъ, что разъѣдаетъ стѣнки котла.

Переходя къ разбору отдѣльныхъ реактивовъ, очищающихъ воду отъ жесткихъ примѣсей, необходимо упомянуть, что часть ихъ отдѣляется кипяченіемъ, вслѣдствіе чего очищаемая вода часто предварительно подогревается.

Изъ реактивовъ наиболѣе извѣстны:

1) Ёдкая известь  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , преимущественно ввидѣ пережженой извести, которая предъ употребленіемъ въ дѣло должна быть растворена въ водѣ; она очень трудно растворима въ водѣ и требуетъ на 1 часть ея 800 частей воды для растворенія; чѣмъ теплѣе вода, тѣмъ труднѣе въ ней растворяется ёдкая известь; доступъ воздуха облегчаетъ растворимость извести. Наибольшая степень насыщенія соответствуетъ 120—130° нѣмецкимъ градусамъ, т. е. содержанію 1,2—1,3 граммовъ извести въ 1 літрѣ воды.

2) Ёдкій натръ  $\text{NaOH}$  извѣстенъ въ продажѣ ввидѣ порошка подъ названіемъ каустической соды (*Soda causticum*), которая легко растворяется въ водѣ. Онъ нѣсколько дорогъ и не всегда свободенъ отъ примѣси соды. Для полученія ёдкаго натра смѣшиваютъ въ горячей водѣ 1 килограммъ кальцинированной соды (96% чистаго вещества) съ однімъ килограммомъ окиси кальція; при этомъ холодная вода неудобна тѣмъ, что увеличивается расходъ соды, такъ какъ въ этомъ случаѣ получается слишкомъ большой осадокъ углекислаго кальція:



3) Сода  $\text{Na}_2 \text{CO}_3$  очень распространена въ продажѣ; примѣняютъ

обыкновенно кальцинированную соду, содержащую до 96% чистаго вещества. Обыкновенная сода содержитъ много воды (64%), а также постороннія примѣси; она очень легко растворима въ водѣ въ пропорціи отъ 1: 10 до 1: 20.

Теперь разсмотримъ какимъ образомъ эти реагенты дѣйствуютъ на заключающіяся въ водѣ примѣси:

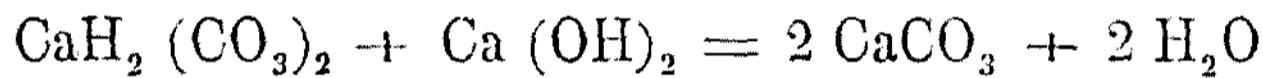
1) Двууглекислый кальцій выдѣляется при кипяченіи безъ реагентовъ. Холодная же вода очищается отъ примѣси двууглекислого кальція помошью Ѣдкаго натра или окиси кальція; процессъ очищенія воды выражается примѣрио слѣдующими уравненіями: посредствомъ кипяченія:



съ помощью Ѣдкаго натра:



съ помощью извести:



Въ холодной водѣ выдѣленіе нерастворимыхъ примѣсей не происходить полностью.

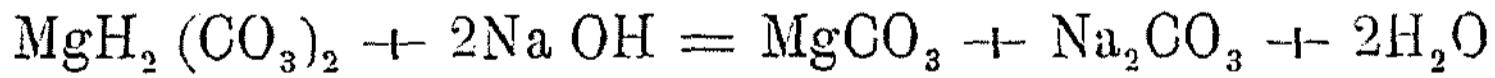
2) Двууглекислый магній можетъ отдѣляться при кипяченіи безъ реагентовъ, а въ холодной водѣ при дѣйствіи на нее Ѣдкаго натра или Ѣдкой извести, причемъ химические процессы, происходящіе при этомъ, выражаются слѣдующими химическими уравненіями:

посредствомъ кипяченія:

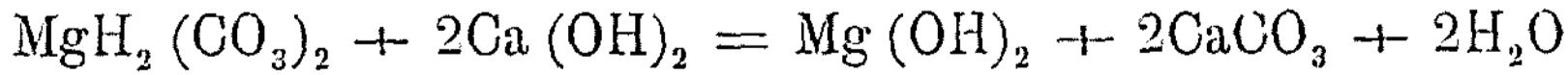


Необходимо замѣтить, что этотъ процессъ происходитъ только при 4 атмосферахъ давленія и выше,

съ помощью Ѣдкаго натра:



съ помощью извести:



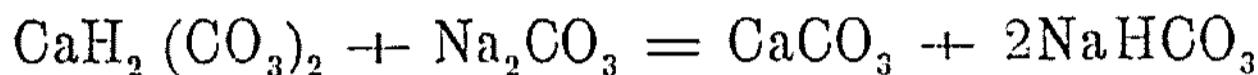
3) Сѣрнокислый кальцій осаждается въ холодной водѣ содой по уравненію:



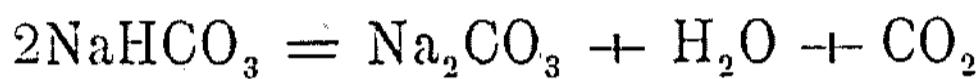
Ко всѣмъ 3-мъ случаямъ необходимо прибавить, что при осажденіи

двууглекислыхъ кальція и магнія їдкимъ натромъ получается сода, которая, въ случаѣ присутствія въ водѣ гипса, можетъ быть примѣнена къ осажденію послѣдняго. Если при осажденіи двууглекислого магнія сода получается въ недостаточномъ количествѣ, то необходимо добавить ее до требуемой нормы.

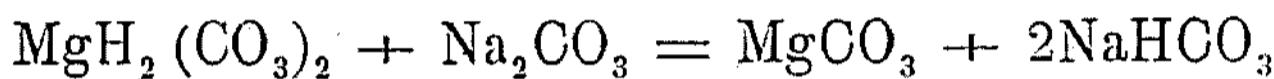
Къ 1-му и 2-му случаямъ еще надо добавить, что эти процессы можно получить прибавкой соды, хотя въ холодной водѣ осажденіе двууглекислого магнія и кальція совершаются неполностію по слѣдующимъ химическимъ уравненіямъ:



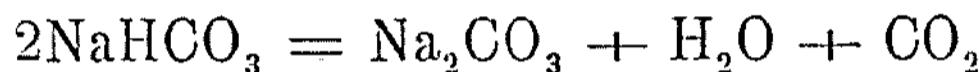
при этомъ дальше



Точно такъ же:



и снова:



4) Хлористый магній ( $\text{MgCl}_2$ ) отдѣляется кипяченіемъ при 4 атмосферахъ давленія и прибавкѣ соды, хотя можно достичь осажденія его, дѣйствуя одной лиль содой, что однако не вполнѣ совершенно; происходящій при этомъ химическій процессъ изобразится уравненіемъ:



5) Глинистая и желѣзистая соединенія осаждаются кипяченіемъ безъ реактивовъ; въ холодной водѣ—при помощи їдкаго натра или извести, причемъ эти соединенія переходятъ въ гидраты окисей соответственныхъ элементовъ. Химическія уравненія этихъ процессовъ весьма различны, въ зависимости отъ состава соединеній.

6) Органическія примѣси осаждаются їдкимъ натромъ, извѣстью и квасцами.

*Правильное определеніе количества потребныхъ реагентовъ*, представляетъ наиболѣе серьезную задачу при конструированіи очистительныхъ аппаратовъ; одинъ изъ наиболѣе простыхъ и хорошихъ способовъ для этого въ краткихъ словахъ слѣдующій (Wehrenfennig Die Untersuchung und das Weichmachen des Kesselspeisewassers):

Послѣ определенія химическаго состава воды, обозначимъ общее содержаніе въ одномъ литрѣ воды связанной угольной кислоты чрезъ  $a$ , чрезъ  $b$ —общее содержаніе извести и чрезъ  $c$ —общую жесткость, выраженную содержаніемъ извести, при чемъ содержаніе магнезіи и желѣза замѣняются эквивалентными количествами извести (Для перевода можетъ служить таблица № 8).

Какъ между  $a$ ,  $b$  и  $c$ , такъ и между потребными количествами разныхъ реагентовъ существуютъ слѣдующія соотношенія:

$$1) 2a - b = m$$

$$2) c - a = n$$

При этомъ различаются три случая:

1) При положительныхъ  $m$  и  $n$  въ водѣ преобладаютъ карбонаты извести и магнезіи предъ сульфатами и  $m$ —даетъ потребное для реагентовъ количество извести, а  $n$ —ѣдкаго натра.

2) Если  $2a - b = 0$ , то количество карбонатовъ и сульфатовъ въ водѣ одинаково и  $n$  представляетъ потребное количество єдкаго натра, который можетъ быть образованъ изъ извести и соды.

3) Если  $2a - b < 0$  т. е. отрицательно, то количество сульфатовъ въ водѣ больше количества карбонатовъ. Въ этомъ случаѣ необходимо прибавить соды  $m$  частей и  $c - a - m$  частей єдкаго натра.

Количество реагентовъ опредѣлены здѣсь въ градусахъ жесткости извести и должны быть переведены по эквивалентамъ въ соотвѣтствующіе элементы.

Количество вычисленнаго єдкаго натра можетъ быть получено изъ извести и соды, при чёмъ  $x^{\circ}$  єдкаго натра равно  $x^{\circ}$  извести и  $x^{\circ}$  соды \*). Вычисленное по равенству 2 количество извести складывается съ другимъ, полученнымъ по равенству 1 и такимъ образомъ получаются общее количество прибавляемой извести и соды на 1 литръ очищаемой воды.

Найденное количество умножается затѣмъ на часовой расходъ воды въ литрахъ.

Другой способъ вычислениія количества потребныхъ реагентовъ основывается на томъ положеніи, что для каждого эквивалента двууглекислаго кальція и магнія необходимъ одинъ эквивалентъ извести, или соотвѣтственно — два эквивалента єдкаго натра, для перевода ихъ въ нерастворимыя углекислые соединенія, а для подобнаго перевода сѣрнокислаго кальція и магнія одинъ эквивалентъ соды.

Тогда по соотношенію эквивалентовъ:

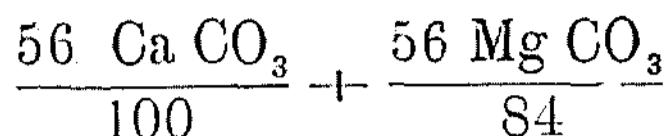
100 частей углекислаго кальція ( $\text{Ca CO}_3$ )—56 частей извести ( $\text{CaO}$ ) или 80 частей єдкаго натра ( $\text{Na OH}$ ).

84 части углекислаго магнія ( $\text{Mg CO}_3$ )—56 частей извести ( $\text{CaO}$ ) или 80 частей єдкаго натра ( $\text{Na OH}$ ).

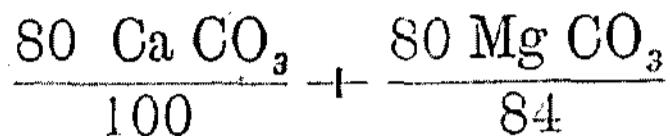
136 частей сѣрнокислаго кальція ( $\text{Ca SO}_4$ )—106 частей соды ( $\text{Na}_2 \text{CO}_3$ )

\*). Т. е. для составленія 1 пуда єдкаго натра необходимо 53 фунта соды и 28 фунтовъ извести, согласно уравненію:  $\text{Na}_2 \text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{HO})_2 = 2 \text{Na HO} + \text{Ca CO}_3$  (хотя на практикѣ изесть и соду приходится брать въ равныхъ количествахъ).

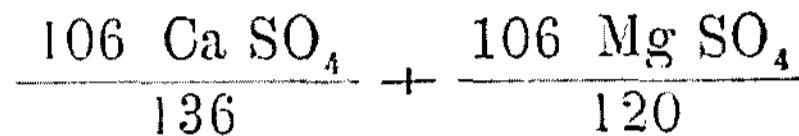
120 частей сърно-кислого магнія ( $Mg\text{SO}_4$ )—106 частей соды ( $Na_2\text{CO}_3$ ) можно получить количество требуемой извести:



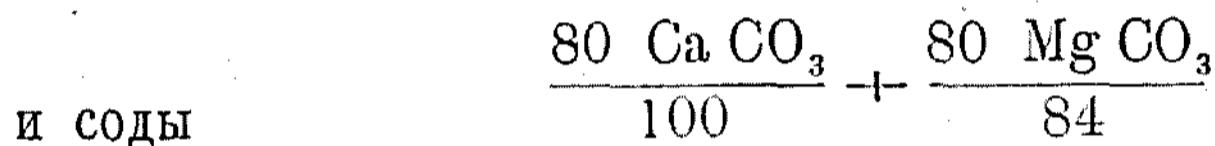
и количество требуемаго Ѣдкаго натра



а также количество прибавляемой соды



Если примѣнить для осажденія углекислыхъ соединеній Ѣдкій натръ, то получающаяся при этомъ сода въ количествѣ  $\frac{106}{80}$  частей  $Na_2\text{CO}_3$  на 1 часть  $Na\text{OH}$ , уменьшаетъ количество прибавляемой соды, такъ что требуемое количество Ѣдкаго натра будетъ



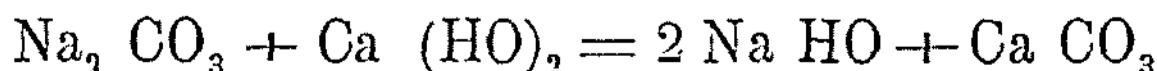
## Апараты для очистки жесткихъ водъ.

Прежде чѣмъ говорить о аппаратахъ для химической очистки жесткихъ водъ, скажемъ нѣсколько словъ о тѣхъ приспособленіяхъ, которыми регулируется притокъ реагентовъ въ аппараты и обѣ общемъ ходѣ очистки.

Всѣ приспособленія для прибавки реагентовъ, въ зависимости отъ выбора реагтива, различаются на:

- 1) Приспособленія для прибавки извести и Ѣдкаго натра.
- 2) Приспособленія для прибавки Ѣдкаго натра.
- 3) Приспособленія для прибавки соды и Ѣдкаго натра
- 4) Приспособленія для прибавки извести и соды.

Это главнѣйшія 4 категоріи; вообще же рѣдко прибегаютъ къ очисткѣ непосредственно Ѣдкимъ натромъ, а образуютъ его изъ извести и соды, при чемъ для приготовленія 1 пуда Ѣдкаго натра надо смѣшать 53 фунта соды съ 28 фунтами извести по формулѣ:



Необходимо обратить вниманіе на то, какимъ образомъ должны быть смѣшивамы реактивы.

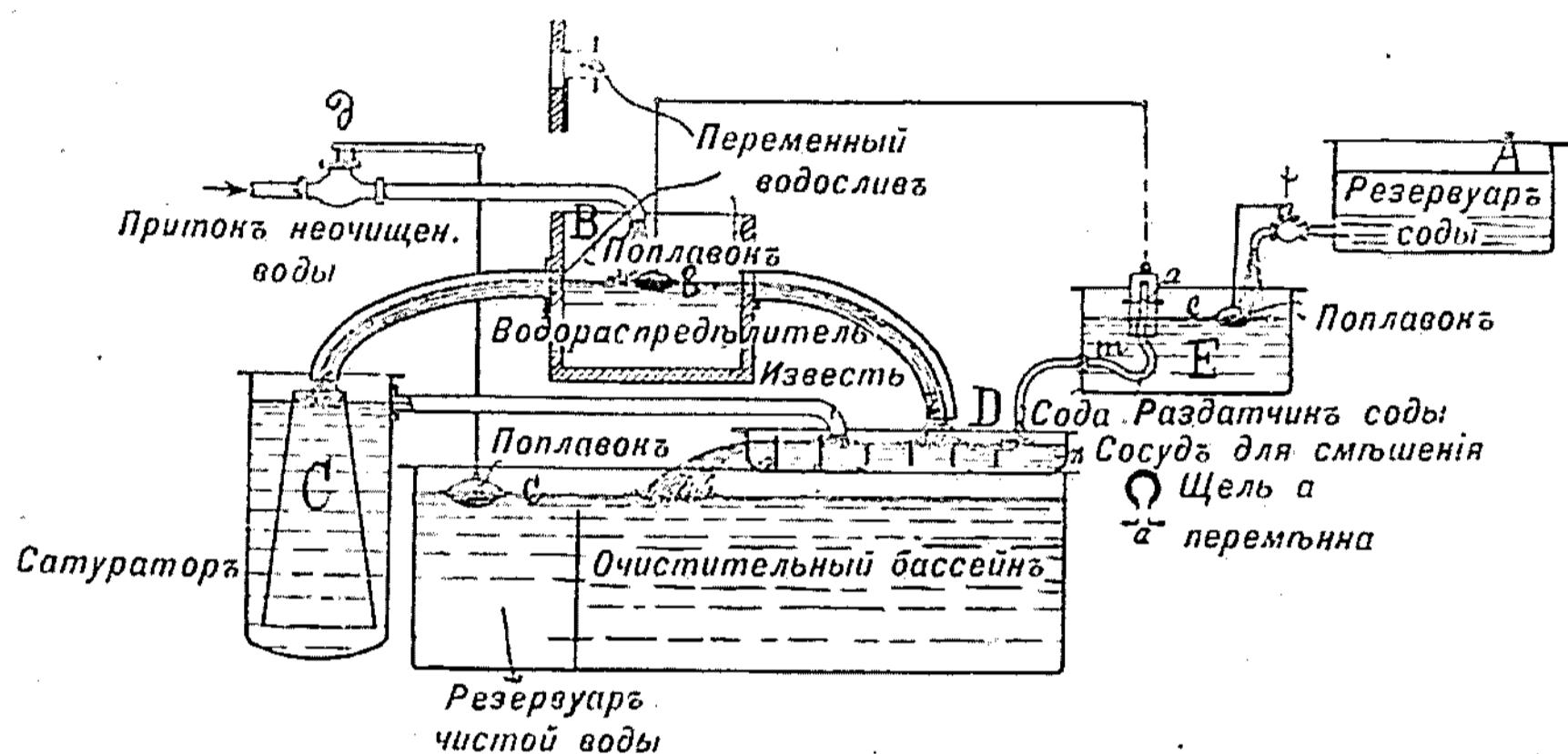
Если аппаратъ работаетъ съ известью и содой, тогда извѣсть и сода

приводятся отдельно къ аппарату, чтобы предупредить образование щелочного натра; если очистка воды производится известью и щелочнымъ натромъ или содой и щелочнымъ натромъ, то известь и сода приводятся вмѣстѣ въ количествѣ потребномъ для образования щелочного натра, остальное же количество потребной извести или соды должно быть добавлено отдельно; если, наконецъ, очистка производится щелочнымъ натромъ, то потребная для образования его количества соды и извести приводятся вмѣстѣ къ очищаемой водѣ.

Необходимо уяснить себѣ, когда подогреваніе воды надо дѣлать до прибавки реактивовъ и когда послѣ прибавки и вообще, когда оно рационально. Въ общемъ подогреваніе всегда полезно, облегчая раствореніе реактивовъ и достигая болѣе высокой степени смягченія воды; лишь известь лучше растворяется въ холодной водѣ, но, при образованіи щелочного натра изъ извести и соды подогреваніе полезно, такъ какъ при холодной водѣ получается при этомъ слишкомъ большой осадокъ  $\text{Ca CO}_3$ ; сода растворяется весьма легко и въ горячей и въ холодной водѣ.

Реактивы необходимо такъ прибавлять къ водѣ, чтобы всегда существовалъ растворъ определенной крѣпости. Это было бы очень просто, если бы расходъ воды и количество реактивовъ было бы пропорціонально времени; но расходъ воды колеблется въ значительныхъ размѣрахъ и следовательно устройства должны быть таковы, чтобы къ определенному количеству воды, поступающему въ бакъ, автоматически прибавлялось пропорціональное количество реактивовъ, не требуя, такимъ образомъ, особаго служебнаго персонала. Схематическое изображеніе такого аппарата представляетъ чер. 42: въ резервуарѣ чистой воды находится поплавокъ, который съ помощью рычажной передачи дѣйствуетъ на вентиль  $d$ , регулирующій притокъ воды, и поддерживаетъ въ резервуарѣ постоянный горизонтъ. Неочищенная вода поступаетъ въ особый ящикъ  $B$ , называемый водораспределителемъ. Въ водораспределитель вода подраздѣляется на 2 части; одна поступаетъ въ такъ называемый сaturаторъ  $C$ , т. е. насытитель воды известью, а другая—въ сосудъ для смѣси воды и реактивовъ  $D$ , чрезъ подвижные водосливы, установленные разъ навсегда для любого количества воды при определенномъ составѣ ея, которыми и регулируется притокъ воды въ сaturаторъ  $C$  и сосудъ  $D$ . Изъ сaturатора растворъ извести по сливной трубѣ течетъ въ сосудъ для смѣси воды съ реактивами  $D$ . Вправо вверху помѣщаются содовые баки; въ верхнемъ бакѣ  $A$  находится растворъ соды въ значительномъ количествѣ; отсюда растворъ соды поступаетъ въ расположенный ниже раздатчикъ соды  $E$ ; горизонтъ раствора въ раздатчикѣ соды поддерживается всегда на одной высотѣ поплавкомъ  $e$ , помѣщеннымъ въ немъ же и дѣйствующимъ на вентиль  $f$  при бакѣ  $A$ . Растворъ соды изъ раздатчика  $E$  стекаетъ, чрезъ поплавокъ ввидѣ цилиндра съ прорѣзомъ  $a$ ,

въ сосудъ для смѣси реагтивовъ съ водой. Этотъ цилиндръ можетъ погружаться въ растворъ соды болѣе или менѣе въ зависимости отъ поплавка *b*, находящагося въ водораспределителѣ *B*, измѣненіе горизонтовъ въ которомъ онъ передаетъ упомянутому цилиндрическому клапану *a*, т. е. при повышеніи горизонта въ водораспределителѣ *B*, клапанъ *a* опускается и чрезъ болѣе длинную щель *a* стекаетъ въ сосудъ *D* большее количество содового раствора и, слѣдовательно, притокъ содового раствора пропорционаленъ количеству воды, подлежащей очисткѣ. Дѣйствіе этого приспособленія слѣдующее: большій или меньшій разборъ чистой воды вызываетъ съ помощью поплавка *c* большее или меньшее открытие крана *d* на



Черт. 42.

приводной трубѣ, такъ что притекающее количество неочищенной воды находится въ зависимости отъ разбора чистой воды и, слѣдовательно, горизонтъ воды въ водораспределителѣ бываетъ непостояннымъ, что обусловливаетъ собою соотвѣтственные притоки воды въ резервуары *C* и *D*, т. е. въ сатураторъ и сосудъ для смѣси реагтивовъ съ водой, чрезъ установленные на опредѣленной высотѣ водосливы. Находящійся въ распределителѣ воды *B* поплавокъ *b* регулируетъ съ помощью рычажной передачи притокъ содового раствора въ сосудъ *D*, чрезъ клапанъ *a* и резиновый рукавъ *m*, какъ это описано выше; горизонтъ же воды въ раздатчикѣ соды *E* держится на опредѣленномъ уровнѣ поплавкомъ *e*, дѣйствующимъ съ помощью рычажной передачи на кранъ *f*, а именно съ поднятіемъ горизонта жидкости въ раздатчикѣ соды *E*, отверстіе крана *f* отчасти или совсѣмъ прикрывается и съ его паденіемъ открывается. Такимъ образомъ весь приборъ работаетъ автоматически; необходимо лишь съ самаго начала его установить правильно на опредѣленный расходъ воды уже извѣстнаго химическаго состава; необходимые реактивы прибавляютъ чрезъ опредѣленные промежутки времени (отъ 24 до 6 часовъ) въ количествѣ, опредѣленномъ расчетомъ, съ нѣкоторымъ избыткомъ.

## Конструкціи аппаратовъ, работающихъ известью и содой.

Конструированіе этихъ аппаратовъ затрудняется тѣмъ, что известъ трудно растворима въ водѣ. Въ практикѣ встрѣчаются 3 главныя системы аппаратовъ:

1) Аппараты съ приспособленіями для образованія известковаго раствора чисто механическимъ путемъ.

2) Аппараты съ приспособленіями для образованія известковаго раствора энергией потока и его водоворотами и

3) Аппараты съ приспособленіями для образованія известковаго раствора искусственнымъ притокомъ воздуха.

Къ первой категоріи принадлежитъ известный аппаратъ системы «Desgutaix» (Въ Россіи эти аппараты имѣются между прочимъ на Владикавказской жел. дорогѣ и устанавливаются фирмой «Борманъ и Шведе» въ Варшавѣ, въ Германіи фирмой «Allgemeine Städtereinigungsgesellschaft» въ Висбаденѣ). Устройство аппарата слѣдующее: (по описанію г. Ротштейна Журн. Мин. П. С. кн. X, 1904 г.): Аппаратъ состоитъ изъ 3-хъ существенныхъ частей: большого вертикального осадочнаго цилиндра *E* (емкость его въ 3 раза больше объема очищаемой въ части воды), сатуратора *J*, въ которомъ приготавливается растворъ извести (для этого и послѣдующихъ аппаратовъ необходимо замѣтить, что насыщенный растворъ извести, т. е. растворъ наибольшаго количества извести могущаго растворяться въ данномъ количествѣ воды, заключаетъ въ одномъ литрѣ 1,20 — 1,30 граммовъ извести и, употребляя всегда насыщенный растворъ извести, можно легко разсчитать потребное его количество для каждого отдельнаго случая, между тѣмъ, какъ, при работѣ негашеної известью, имѣющейся въ продажѣ съ 50% — 90% содержаніемъ чистаго вещества, каждый разъ пришлось бы имѣть дѣло съ химическимъ составомъ извести, примѣняемой въ качествѣ реагента), и, наконецъ, ящики *G* и *G*, для содоваго раствора (черт. 43). Вода изъ источника подается въ водопріемный ящикъ (черт. 44), разделенный перегородкой на двѣ части: собственно пріемникъ (*I*) и водораспределитель (*II*). Въ приемникѣ находится сливная труба (*α*), отводящая избытокъ воды (въ бакъ съ неочищенной водой, если таковой имѣется, или просто наружу), и, такимъ образомъ, во вторую часть ящика — въ водораспределитель, вода переходитъ подъ давлениемъ определенного столба жидкости, въ постоянномъ количествѣ. Послѣднее опредѣляется тѣмъ, насколько открыть передаточный клапанъ (*b*), находящійся между обоими отдѣленіями ящика. Такимъ образомъ достигается известное удобство для правильной очистки воды. — аппаратъ въ единицу времени получаетъ постоянное количество воды.

Въ водораспределительъ это определенное количество воды раздѣляется на двѣ струи, въ зависимости отъ состава данной воды. Одна, меньшая часть чрезъ небольшое отверстіе направляется по желобку въ сатураторъ (*J*), проходя чрезъ чашку (*H*) по трубѣ до дна сатуратора, гдѣ она должна насытиться известью. Другая—значительно большая часть—на пути своемъ къ осадочному цилинду, ниспадаетъ на водяное колесо (*E<sub>1</sub>*), которое своимъ движениемъ при помощи зубчатой передачи вращаетъ, во все время работы аппарата, мѣшалку въ сатураторѣ (по опытамъ на Владикавказской желѣзной дорогѣ для полнаго насыщенія известковаго раствора, т. е. чтобы достигнуть содержанія 1,3 граммъ, извести на 1 літръ воды, необходимо 10 минутъ энергичнаго взбалтыванія смѣси воды съ известью). Послѣдняя не даетъ извести улечься на дно, непрерывно взмѣшиваетъ ее съ водой, которая, поднимаясь со дна сатуратора вверхъ, дѣйствительно насыщается ею (необходимое условіе—нѣкоторый избытокъ извести) и затѣмъ по желобу направляется въ смѣсительную трубу (*M*).

Заряженіе сатуратора известью производится такимъ образомъ, что определенное количество ея (въ негашеномъ состояніи) засыпается въ воронку при сатураторѣ (*R*) гдѣ она гасится и гдѣ она остается лежать до тѣхъ поръ, пока не наступить моментъ спустить её въ сатуратора. Послѣднее производится посредствомъ специальнаго приспособленія и изесть по трубѣ спускается на дно сатуратора. Предварительно, для облегченія спуска и удаленія накопляющихся въ сатураторѣ осадковъ, при помощи клапана *U* спускается изъ сатуратора нѣкоторое количество воды. Это заряженіе происходитъ чрезъ каждые 6 часовъ работы аппарата.

Въ ящикахъ *G* и *G<sub>1</sub>* находится содовый растворъ; при чемъ резервуаръ *G* служить раздатчикомъ соды, а *G<sub>1</sub>*—представляетъ запасной резервуаръ для содового раствора. Сода имѣеть свойство растворяться въ водѣ въ отношеніи отъ 1 : 20 до 1 : 10; (На Владикавказской и Среднеазіатской жел. дор. принять обыкновенно растворъ въ 10° Бомѣ). Количество вытекающаго раствора устанавливается согласно даннымъ анализа въ соотвѣтствіи съ количествомъ очищаемой воды въ единицу времени; конструированіе приспособленій для прибавки соды къ водѣ устроено согласно принципу черт. 42.

Главная масса воды, прошедшая чрезъ водяное колесо, известковая вода и содовый растворъ сходятся въ смѣшивательной трубѣ (*M*) осадочного цилиндра, гдѣ и начинается реакція,—выпаденіе известковыхъ и магнезіальныхъ солей. По этой трубѣ вода спускается внизъ и затѣмъ поднимается вверхъ по винтовымъ поверхностимъ (*N*), расположеннымъ между смѣшивательной трубой и стѣнками цилиндра. При этомъ осадки, выдѣленные изъ воды, соскальзываютъ внизъ и при помощи клапана *S*

время отъ времени (не рѣже одного раза въ сутки) выпускаются наружу. Вверху осадочного цилиндра находится фильтръ  $Q$  изъ древесныхъ стружекъ, для окончательного задержанія осадковъ, и совершенно прозрачная вода самотекомъ поступаетъ въ бакъ для чистой воды. Попятно, что весь аппаратъ устанавливается на высокомъ фундаментѣ.

Необходимо замѣнить, что вслѣдствіе постоянного перемѣшиванія воды съ извѣстью въ сатураторѣ, взвѣшенныя частицы извѣсти увлекаются токомъ воды въ осадочный цилиндръ, гдѣ они растворяются главной массой воды, повышая ея жесткость. Для избѣжанія этого неудобства устраивается второй дополнительный сатураторъ исключительно съ цѣлью путемъ декантациіи и фильтрованія очистить воду отъ взвѣшенныхъ частицъ.

При всѣхъ своихъ достоинствахъ аппаратъ этотъ имѣеть толь недостатокъ, что расходъ извѣсти на 50% больше требуемаго, а также необходимо останавливать дѣйствіе аппарата каждые 6 часовъ для заряженія его извѣстью, что требуетъ приблизительно  $\frac{1}{2}$ , часа времени.

Различные фирмы нѣсколько измѣняютъ эту конструкцію въ мелкихъ деталяхъ, не представляющихъ никакихъ существенныхъ выгода, а иногда служащихъ даже во вредъ успѣшности дѣйствія аппарата.

На черт. 45 изображенъ подобный же аппаратъ системы инженера Гинсбурга, установленный на ст. Джабель Среднеазіатской жел. дороги для очистки 30 кб. саженъ въ сутки. Аппаратъ имѣеть слѣдующее устройство (Д. Гатцукъ. Журн. Мин. П. С. кн. II, 1907 г.): водоочистительный аппаратъ помѣщенъ въ особой пристройкѣ къ двойному станционному водоемному зданію, причемъ отстойники и сатураторъ подняты надъ землею на особые каменные фундаменты, въ видѣ цилиндровъ, съ такимъ расчетомъ, чтобы очищенная вода изъ отстойниковъ могла самотекомъ поступать въ водоемные баки. Вслѣдствіе этого верхняя часть пристройки значительно возвышается надъ крышей водоемнаго зданія.

Самый аппаратъ состоить изъ 2-хъ отстойниковъ, сатуратора, смѣсителя, известковой мѣшалки, гидравлическаго колеса и двухъ содовыхъ баковъ.

Отстойникъ № 1 имѣеть видъ цилиндра съ конусообразнымъ дномъ и снабженъ внутри восемью конусовидными тарелочками, одна отъ другой въ разстояніи  $2' 4''$ , съ штампованными ситами. Изъ черт. 46 видно, что диаметръ отверстій дыръ на ситахъ менется отъ  $\frac{5}{8}''$  до  $\frac{1}{4}''$  съ соответствующимъ измѣненіемъ разстояній между централами дыръ и что сита занимаютъ только части площадей развернутыхъ тарелокъ. Постановка тарелокъ внутри отстойника соотвѣтствуетъ расположению ихъ по черт. 45.

Люки снабжены крышками, а центральная отверстія диаметромъ 7" закрываются чугунными шарами на общей цѣпи. Въ верхней части отстойника помѣщенъ между особыми штампованными ситами фильтръ толщиною

3' 2" изъ древесной шерсти. Размеры этихъ сить, диаметръ дыръ и способъ прикрепленія къ стѣнкамъ цилиндра отстойника видны изъ чертежа 46, гдѣ заштрихованныя мѣста па разверткахъ конусовъ обозначаютъ ихъ штампованныя части съ отверстіями на 1-мъ нижнемъ конусѣ диаметромъ 16 мм. и въ 8-мъ верхнемъ конусѣ диаметромъ 6 мм. Незаштрихованныя мѣста обозначаютъ сплошные части конусовъ, на которыхъ вода декантируется. По мѣрѣ восхожденія жидкости величина штампованыхъ поверхностей увеличивается, а декантирующихъ уменьшается. Лазы расположены одинъ надъ другимъ поперемѣнно, то въ сплошной, то въ штампованной части конусовъ. Внутренній объемъ отстойника 4.00 куб. саж.

*Отстойникъ № 2* (цилиндръ съ конусообразнымъ дномъ), снабженъ внутри тремя фильтрами толщиною: нижній 1' 9", средній 2' 4" и верхній 3' 2", изъ древесной шерсти, расположенными между соответствующими штамповаными ситами съ диаметромъ отверстій 14, 9, 10, 7, 8 и 6 мм. Внутренній объемъ отстойника около 3,80 куб. саж.

*Сатураторъ* тоже имѣть видъ цилиндра съ конусообразнымъ дномъ. Въ верхней части его помѣщенъ, между шпантованными ситами съ диаметромъ отверстій въ 10 мм. и 6 мм., одинъ только фильтръ изъ древесной шерсти, толщиною между ситъ 4'2". Внутренній объемъ сатуратора около 2.80 куб. саж.

*Смеситель* имѣть видъ цилиндра; внутренній объемъ его около 0.08 куб. саж. Внутри смѣсителя на вертикальной оси помѣщены лопасти. При помощи зубчатой передачи отъ гидравлическаго колеса эта вертикальная мѣшалка приводится въ движение.

*Известковая мѣшалка* представляетъ собою металлическій ящикъ длиною 10', ширину 3' 11" и глубину около 6', съ цилиндрическимъ дномъ. По срединѣ ящика проходитъ горизонтальный валъ съ чугунными розетообразными и винтовыми лопастями. Всѣхъ лопастей 4 ряда по 4 штуки въ каждомъ, поставленныхъ подъ прямымъ угломъ одна къ другой. Сверху вала на кронштейнахъ расположены три концентрическія горизонтальные полки для извести. Крышка ящика снабжена люками для осмотра полокъ и засыпки извести.

На продолженіи вала съ лопастями насажено гидравлическое колесо, которымъ этотъ валъ и приводится въ движение. При посредствѣ зубчатыхъ передачъ отъ вала приводятся въ круговое движение скребки, сбрасывающія извѣсть съ горизонтальныхъ полокъ. Спусковая труба для известковаго молока поднята нѣсколько надъ дномъ ящика, такъ что во время работы всегда имѣется въ ящикѣ запасъ воды около 100 ведеръ.

*Гидравлическое колесо* имѣть диаметръ 4' 3", ширину 1' 5". Вода падаетъ на колесо сверху и приводить въ движение валъ, на который насажено колесо, и закрѣплленная на этомъ валу 2 круглые шайбы (два

круга): одна диаметромъ  $5' 2\frac{1}{2}''$  съ черпаками шириною  $4''$  для подачи воды, отдаляемой на образование известковаго молока, а другая диаметромъ  $2' 4''$  съ черпаками шириною  $1\frac{1}{2}''$  для подачи содоваго раствора. Вычерпываемая вода или реактивный растворъ черпаками, при началѣ исходящаго направлениія движенія послѣднихъ, сливается въ особые лотки, по которымъ и стекаетъ куда нужно.

*Содовые баки.* Металлические содовые баки имѣютъ назначеніе такое: нижній ввидѣ прямоугольника съ вертикальными стѣнками, емкостью до 60 ведеръ, служить для растворенія кальцинированой соды по разсчету количества ведеръ налитой въ него очищенной воды; верхній емкостью до 50 ведеръ, при длинѣ  $7'$ , ширинѣ  $1' 4''$ , съ цилиндрическимъ дномъ,— запасной, наполняемый при помощи ручного насоса Альвейера. Изъ верхняго содоваго бака растворъ поступаетъ самотекомъ въ содовую коробку къ черпакамъ, прикрепленнымъ къ малой шайбѣ. Постоянство уровня въ содовой коробкѣ регулируется краномъ съ шаровымъ поплавкомъ.

Все подлежащее очищенію количество воды первоначально поступаетъ на гидравлическое колесо, приводить его въ движение и одновременно приводить въ движение черпаки и мѣшалки, т. е. весь механизмъ. Число оборотовъ колеса устанавливается въ зависимости отъ желаемой продуктивности аппарата (на Джабельскомъ водоочистителѣ колесо имѣетъ 11 оборотовъ въ минуту для суточной очистки до 30 кб. саж. воды). Черпаки, насажденные на большую шайбу, захватываются при каждомъ оборотѣ ея опредѣленное количество воды, слившейся съ гидравлическаго колеса въ помѣщенный подъ нимъ бакъ. Чрезъ сливную коробку и трубу вода идетъ въ известковую мѣшалку для образованія известковаго молока. Сколько воды подаютъ черпаки въ минуту, столько же бѣлаго известковаго молока поступаютъ въ сатураторъ (снизу) для окончанія процесса насыщенія и освѣтленія известковой воды. Черпаки, насажденные на малую шайбу, при каждомъ ея оборотѣ захватываются и сливаются въ особую трубу тоже опредѣленное количество содоваго раствора изъ содовой коробки. Оба эти реагента, въ точно отмѣренныхъ количествахъ, направляются одновременно по трубамъ въ смѣситель, въ который поступаетъ также чрезъ особую трубу изъ подъ гидравлическаго колеса вся подлежащая очищенію вода. Наполненіе смѣсителя происходитъ снизу вверхъ, чрезъ особую трубу съ воронкой.

Далѣе, вышеуказанная смѣсь чрезъ воронку и по трубѣ поступаетъ внизъ первого отстойника, проходить чрезъ тарелки, поднимается къ фильтрамъ, проходитъ фильтры и переливается изъ I-го отстойника во II-й, гдѣ, постепенно поднимаясь снизу вверхъ, окончательно очищается и ввидѣ прозрачной очищенной воды сливается въ бакъ водоемнаго зданія.

Такимъ образомъ, аппаратъ работаетъ автоматически и продуктивность его зависитъ отъ скорости вращенія гидравлическаго колеса. При этомъ, по мѣрѣ автоматического расходованія аппаратомъ извести (приблизительно  $1-1\frac{1}{2}$ , часа) необходимо въ ручную засыпать на всѣ горизонтальныя полки мѣшалки за одинъ разъ до 12 фунтовъ сухой извести и изрѣдка (чрезъ 3—4 часа) наполнять верхній содовый бакъ.

При правильномъ дѣйствіи аппарата должно возможно часто (удобнѣе всего при остановкахъ для подкачиванія въ верхній бакъ содового раствора) производить спускъ осадковъ изъ сатуратора,—перваго отстойника и смѣсителя чрезъ имѣющіеся внизу ихъ краны. Послѣ спуска осадковъ приводятъ въ дѣйствіе аппаратъ для пополненія всѣхъ цилиндровъ водою и, оставивъ аппаратъ на 1—2 часа въ покой, даютъ осѣсть взмученнымъ осадкамъ въ цилиндрахъ.

Необходимо замѣтить, что опредѣленное теоретическимъ путемъ количество реактивовъ должно быть исправлено сообразно качествамъ имѣющихся подъ рукою реактивовъ.

На чертежѣ 47 изображенъ аппаратъ системы Шлихтера установленный на ст. Пологи Екатерининской жел. дороги. Подводка воды и распределеніе ея для образованія растворовъ реактивовъ мало чѣмъ отличаются отъ подобныхъ же устройствъ аппарата Дерюмо. Главное различие этихъ аппаратовъ состоитъ въ замѣнѣ осадочнаго цилиндра бетоннымъ, помѣщеннымъ въ землѣ, резервуаромъ; смѣшеніе реактивовъ съ водою и между собой происходитъ въ ступенчатомъ каналѣ, гдѣ переливаніе воды чрезъ многочисленные водосливы обезпечиваетъ должное перемѣшиваніе ея съ реактивами; чрезъ послѣдній водосливъ вода поступаетъ въ осадочный резервуаръ, раздѣленный поперечными (несквозными) стѣнками такъ, что она совершаеть въ немъ зигзагообразный и длинный путь, во время котораго происходитъ осажденіе механическихъ примѣсей; послѣдніе задерживаются кромѣ того двумя фильтрами, однимъ вертикальнымъ и другимъ горизонтальнымъ; фильтрующій матеріалъ въ нихъ зажатъ между 2-мя дырчатыми металлическими решетками.

Къ достоинствамъ аппарата Шлихтера, кромѣ сравнительной дешевизны, относится увеличеніе запаса воды у водоемнаго зданія, такъ какъ бетонный осадочный резервуаръ можно устроить произвольныхъ размѣровъ; къ недостаткамъ же то, что благодаря устройству осадочнаго резервуара въ землѣ, спускъ осадковъ затруднителенъ; ихъ приходится откачивать и для этого останавливать дѣйствіе аппарата; кромѣ того, необходимъ вторичный подъемъ воды въ баки водоемнаго зданія, если таковые по мѣстнымъ условіямъ расположены въ водонапорной башнѣ.

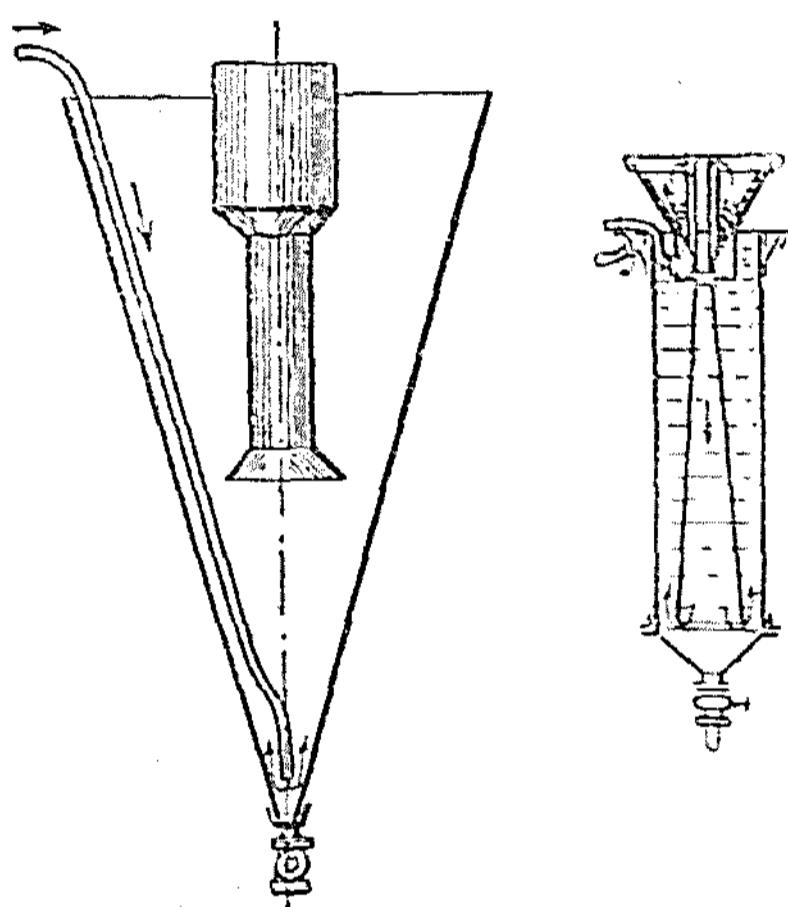
*Гидравлическія приспособленія* для приготовленія раствора извести утилизируютъ энергию потока вступающей въ сатураторъ воды. Чтобы

скорость потока была по возможности значительне придаютъ сатурачу коническую форму и извѣстъ всыпаютъ съ верхняго конца навстрѣчу подымющейся водѣ. Образующійся при этомъ перастворимый осадокъ падаетъ на дно (черт. 48).

Въ другихъ приборахъ этого типа вводятъ струю воды въ дно сатурачора касательно къ стѣнкѣ его и тѣмъ сообщаютъ потоку винтовое вращательное движение.

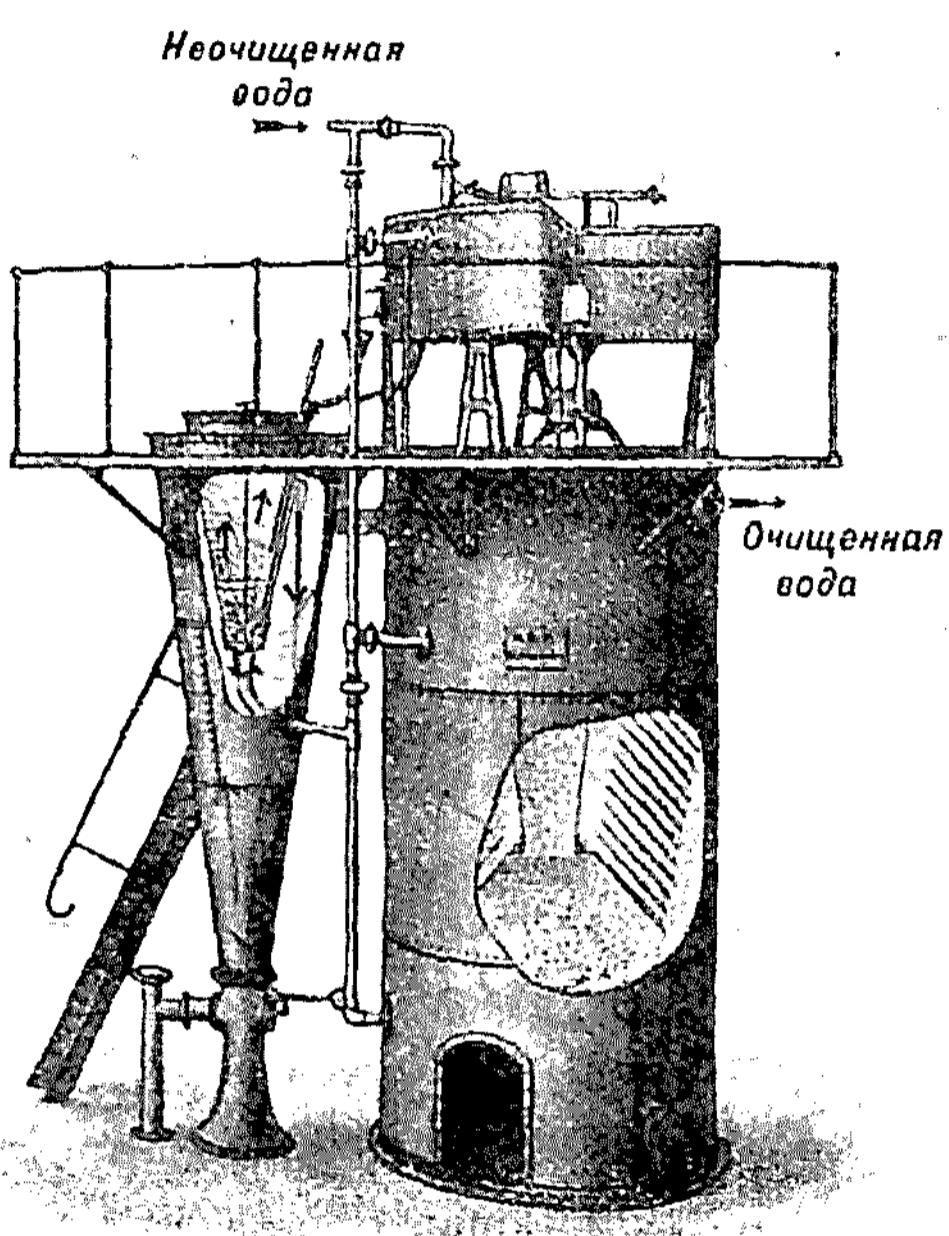
Черт. 49 изображаетъ приспособленіе, изъ котораго уже смѣшанная въ немъ извѣстъ и вода, поступають въ сатурачоръ.

Сюда же относится аппаратъ O. Smrecker (черт. 50). Сатурачоръ въ



Черт. 48.

Черт. 49.



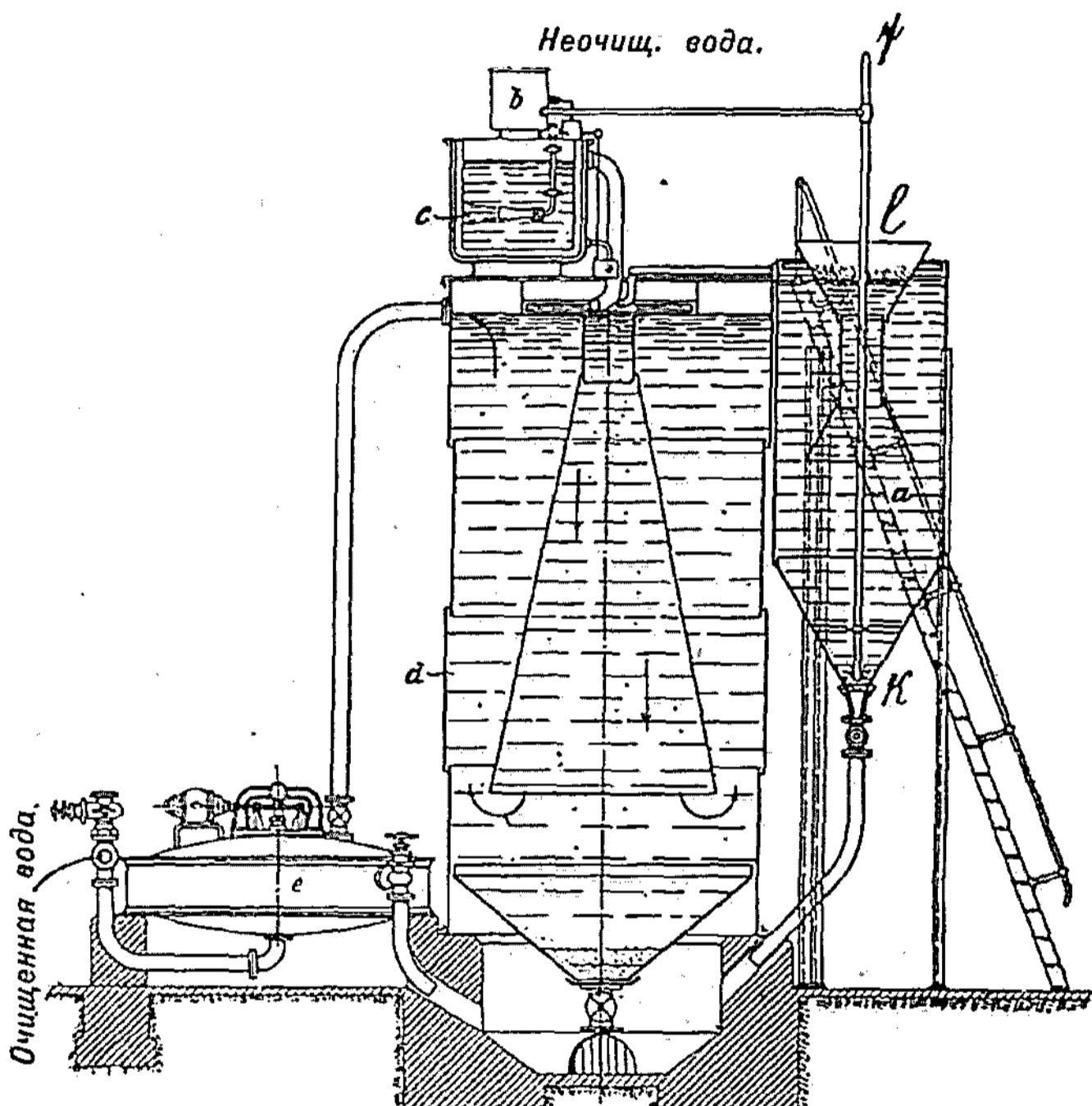
Черт. 50.

немъ состоять изъ 2-хъ вставленныхъ одинъ въ другой сосудовъ; во внутреннемъ резервуарѣ, ввидѣ конуса, находится ситообразно-продырявленное ведро, вмѣстимость котораго примѣрно равна дневному потреблению извѣсти; въ дно этого сосуда входитъ труба, приводящая воду, которая смѣшавшись здѣсь съ извѣстью, по отводной трубѣ идетъ къ дну вѣнчяго резервуара сатурачора и по сливной трубѣ послѣдняго поступаетъ въ осадочный цилиндръ аппарата.

Какъ уже ранѣе упомянуто извѣстъ легко растворима въ водѣ при доступѣ воздуха. Для приведенія воздуха разбиваютъ его и увлекаютъ быстротекущей струею воды, что достигается комбинаціей дѣйствія уже упомянутыхъ гидравлическихъ приспособленій съ пневматическими. Черт. 51 изображаетъ подобное приспособленіе: отъ распределителя воды въ идетъ горизонтальная труба въ отвѣсно вставленную въ сатурачоръ трубку, которая идетъ до дна сатурачора внизъ; вверхъ же подымается выше горизонта воды въ распределитель b; текущей по трубѣ fk водой

въ верхній конецъ ея *f* всасывается воздухъ, который, выходя изъ нижняго ея отверстія *k*, встрѣчаетъ известь, опускающуюся изъ запаснаго резервуара *l* внизъ.

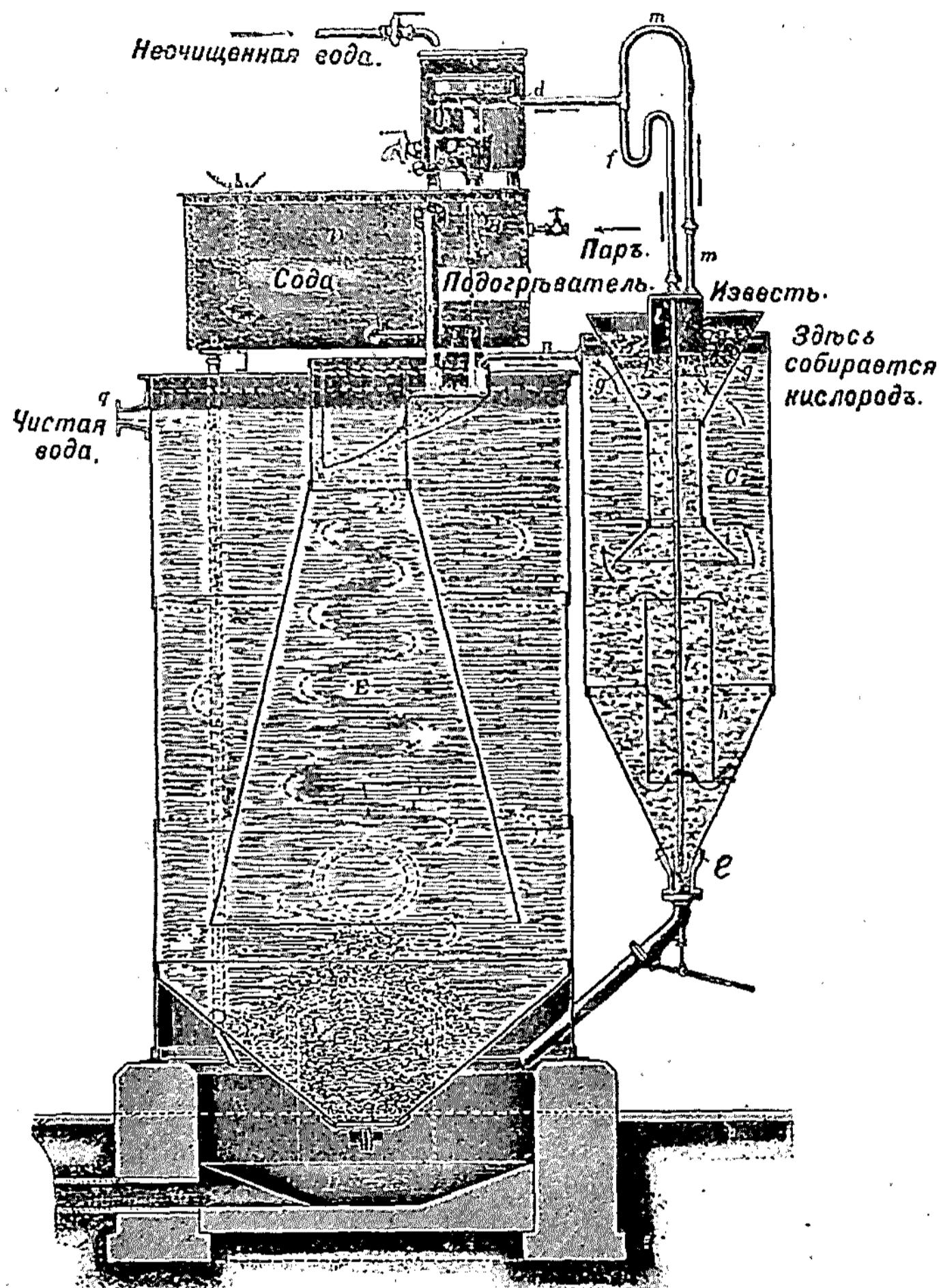
Существенное улучшеніе приведенія воздуха показано на черт. 52, изображающемъ аппаратъ системы *Steinmüller*: здѣсь вода изъ распределителя поступаетъ въ совершенно закрытый водоводъ, который однимъ своимъ концемъ достигаетъ дна сатуратора, а другимъ соединенъ съ особымъ колоколомъ *l*, который своимъ открытымъ концемъ погруженъ въ запасный резервуаръ для извести. Известь насыпается въ воронку снаружи колокола *l* и падаетъ чрезъ сито въ осадную трубу на дно сатуратора; здѣсь известь встрѣчаетъ воду, идущую по трубамъ *d* и далѣе *fl*, которая, какъ указано выше, всасываетъ воздухъ изъ трубы *m*, и этой водой совершенно растворяется. Дальше затѣмъ насыщенная известью вода идетъ по трубѣ *n* къ сосуду для смѣси реактивовъ съ водой. Труба *m*, изъ которой высасывается воздухъ, соединена съ колоколомъ *l*, гдѣ собирается неиспользованный для насыщенія воды кислородъ, а также и тотъ кислородъ, который въ избыткѣ приводится водою. Этотъ аппаратъ имѣеть то преимущество предъ изображенныемъ на черт. 51, что чрезъ постоянный кругооборотъ воздушное пространство въ трубѣ *m* мало по малу насыщается кислородомъ, который способствуетъ растворенію извести.



Черт. 51.

Чертежъ 53 изображаетъ аппаратъ фирмы *Schutmann & C°*, работающій известковымъ молокомъ и содой. Достоинъ вниманія способъ прибавки извести и соды къ очищаемой водѣ. Послѣ того, какъ известь уже растворена въ сатураторѣ, известковое молоко паровымъ элеваторомъ подается въ раздатчикъ известковаго молока, который имѣеть на дѣ вентиль, управляемый рычажною передачею, приводимой въ движе-

ніе качающимся сосудомъ, который расположено снизу раздатчика; въ этотъ сосудъ поступаетъ неочищенная вода. Такимъ же образомъ сконструированъ раздатчикъ соды. Дѣйствіе прибора слѣдующее: изъ распределителя неочищенная вода поступаетъ въ качающійся сосудъ, который по наполненіи одной его стороны опрокидывается на эту сторону; этотъ сосудъ соединенъ съ одной стороны съ вентилемъ при раздатчикѣ извести, а съ другой стороны съ вентилемъ при раздатчикѣ соды, которые и открываются при опрокидываніи качающагося сосуда, такъ что по очереди въ сосудъ для смѣшанія воды съ реактивами поступаютъ извѣстъ и сода.



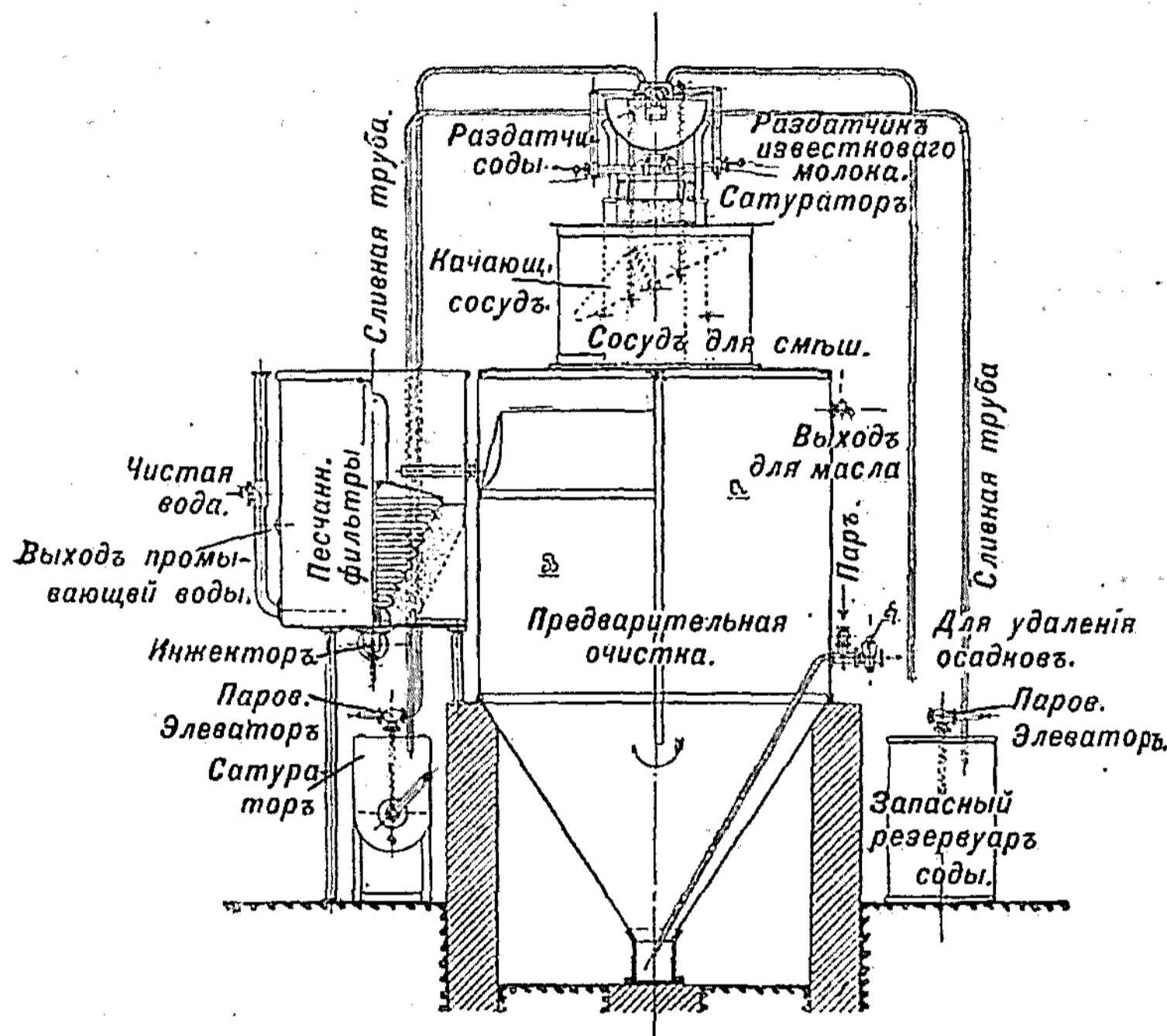
Черт. 52.

По мѣрѣ притока воды части качающагося сосуда наполняются быстрѣе или медленнѣе и регулируютъ притокъ реактивовъ, чер. 54 и 55 даютъ детали этихъ приспособленій, а именно: чер. 54 представляетъ раздатчикъ известковаго молока; наверху находится врачающійся валъ, который

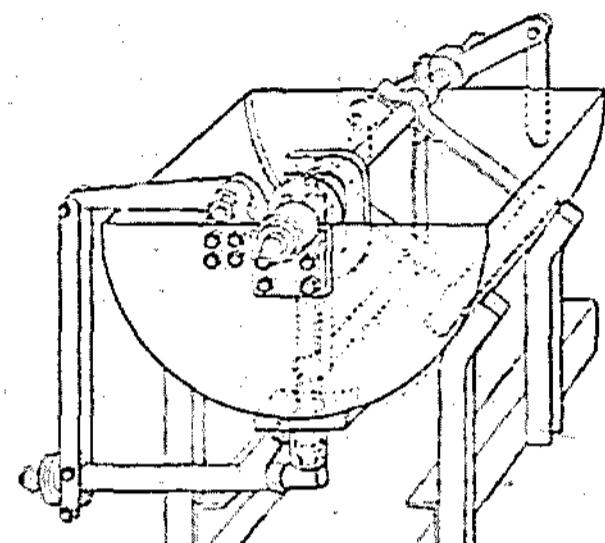
соединенъ съ одной стороны съ рычагомъ, идущимъ къ качающемуся сосуду, съ другой стороны—съ рычагомъ, идущимъ къ вентилю. Кроме того къ валу прикреплены мѣшалки, которые не даютъ извести осѣсть изъ молока. Чер. 55 показываетъ комбинацію движенія вентиля съ измѣрительнымъ приборомъ. Этотъ послѣдній состоитъ изъ трубы, въ которой ходитъ поршень. Если съ помощью рычажной передачи вентиль открывается, то опускается измѣрительная трубка и наполняется до поршия известковымъ молокомъ или содой. Если же вентиль движе-

піемъ качающагося сосуда закрывается, то измѣрительная трубка поднимается и ея содержимое вливается въ сосудъ для смѣси реагентовъ.

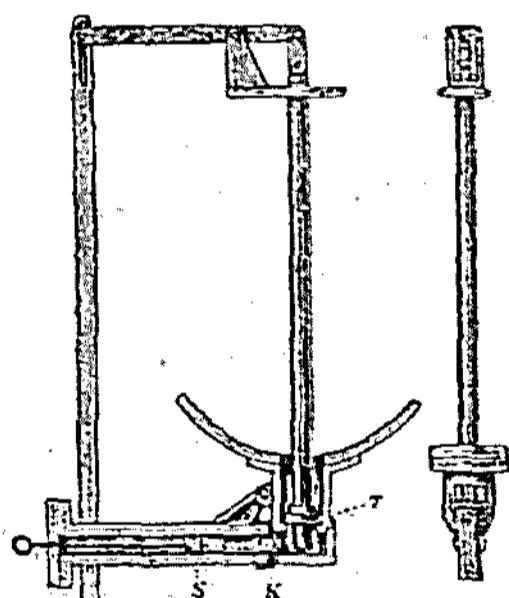
Что касается размѣровъ частей аппаратовъ для очистки жесткихъ водъ известью и содой, то надо замѣтить, что высота ихъ желательна по возможности большая для того, чтобы химическая реакція могли произойти до выхода воды изъ аппарата, что очень рѣдко впрочемъ удается; на практикѣ имѣются аппараты съ 3-хъ часовымъ и 6 часовымъ пребываніемъ воды въ осадочномъ цилиндрѣ, при чёмъ скорость протечения воды



Черт. 53.



Черт. 54.



Черт. 55.

въ немъ колеблется между  $0,2 - 1 \frac{\text{мм.}}{\text{секунда}}$ . Запасы извести и соды закладываются на время отъ 24 до 6 часовъ. Приводная и отводная трубы, а также труба для удаленія осадковъ должны быть по возможности большого діаметра,

*Приборы для прибавки соды* весьма просты, такъ какъ сода легко растворима въ водѣ; состоять они обыкновенно изъ запасного резервуара, въ которомъ сода растворяется и откуда она поступаетъ въ раздатчикъ соды, а изъ послѣдняго въ сосудъ для смѣшанія (черт. 42 и 53). Сода закладывается въ резервуаръ въ количествѣ, потребномъ для одного рабочаго дня. Въ остальномъ необходимо заботиться, чтобы всѣ запирающія части были легко подвижны и плотны. Употребляютъ преимущественно кальцинированную соду, которая содержитъ  $96\%$  чистаго вещества; обыкновенная сода содержитъ очень много воды.

*Приборы для растворения и прибавки щелочного натра имѣютъ такую же конструкцію, какъ и при употребленіи соды. Растворы, какъ щелочного натра, такъ и соды лучше готовить въ горячей водѣ. Для составленія щелочного натра (каустической соды) смѣшиваютъ 1 килограммъ соды съ  $\frac{1}{2}$  килограмма извести въ горячей водѣ, хотя извѣстъ можетъ быть прибавлена и въ избыткѣ, а именно до 1 килограмма на 1 килограммъ соды.*

*Примѣненіе разсчетныхъ коэффициентовъ къ опредѣленію размѣровъ водоочистительныхъ аппаратовъ.*

1) Разсмотримъ установку аппарата сист. «Desgrangeaux» на ст. Тихорѣцкая Владикавказской жел. дороги и повѣримъ главные размѣры частей этого аппарата. Самая установка изображена детально на чер. 56 съ указаніемъ размѣровъ отдельныхъ частей ея, которые приведены также въ справочной книжѣ по Службѣ Подвижного Состава и Тяги 1901 г. въ видѣ слѣдующей таблицы:

**Главнѣйшиe размѣры отдельныхъ элементовъ.**

Обозначеніе элемента.	Діаметръ въ миллим.	Глубина или высота.		Полезная.		ПРИМѢЧАНІЕ.
		Полная миллим.	Полезная миллим.	Площадь кв. метр.	Емкость куб. метр.	
Осадочный цилиндръ .	3600	8500	7200	10,17	73,23	
Фильтръ его . . . . .	2000	1300	1000	3,14	3,14	
Сатураторъ № 1 . . . .	1700	8900	8600	2,27	19,52	
Сатураторъ № 2 . . . .	2300	8700	7400	4,15	30,71	
Фильтръ его . . . . .	2300	1300	1000	4,15	4,15	
Содовый ящикъ . . . . .	—	—	—	—	1,20	Производительность аппарата 3 куб. саж. въ часъ. Жесткость подлежитъ до 6—8°.

Источникомъ водоснабженія служить рѣка Челбасъ. Обычный составъ воды—въ граммахъ на 1 літръ—слѣдующій (Ротштейнъ. Жур. Мин. П. С. кн. X, 1904 г.):

Сухой остатокъ . . . . .	3,108
Извѣстъ (CaO) . . . . .	0,213
Магнезія (MgO) . . . . .	0,2718
Сѣрный ангидридъ (SO <sub>3</sub> ) . . . . .	1,407
Угольная кислота (CO <sub>2</sub> ) . . . . .	0,1672
Хлоръ (Cl) . . . . .	0,0391
Общая жесткость . . . . .	59,3°

Хотя вода рѣки Челбасъ характеризуется высокимъ содержаніемъ магнезіальныхъ солей (до 38°), известковыхъ (21,3°), а также большими

содержаниемъ сѣрнокислыхъ солей, въ томъ числѣ и глауберовой, она все-таки была взята для снабженія ст. Тихорѣцкая съ суточнымъ расходомъ въ 120 кб. саж., въ виду полнаго отсутствія другихъ источниковъ водоснабжения. Установлены здѣсь 2 водоочистителя, каждый на 3 куб. саж. въ 1 часъ; каждый аппаратъ состоитъ изъ 2-хъ сатураторовъ и одного осадочного цилиндра, общей емкостью 130 куб. метровъ. Вода поступаетъ въ водоочистители изъ расположенныхъ выше баковъ водоемнаго зданія. Известковая гуща и содовый растворъ приготавляются въ пристройкѣ къ водоемному зданію въ специальныхъ ящикахъ и затѣмъ подаются наверхъ: извѣстъ—паровымъ насосомъ, а содовый растворъ—инжекторомъ; эта перекачка не вызываетъ особыхъ расходовъ, такъ какъ въ водоемномъ зданіи имѣется паръ. Аппараты работаютъ въ сутки отъ 18 до 21 часа и, следовательно, очищаются отъ  $18 \times 3 \times 2 = 108$  до  $21 \times 3 \times 2 = 121$  куб. саж. воды.

Количество потребныхъ реактивовъ опредѣлимъ по способу профессора Kalmann'a (стр. 38), а именно, согласно химическому анализу предыдущей страницы.

$$a = 0,1672 \text{ грамма}; b = 0,213 \text{ грамма и } c = 59,3 \times 0,01 = 0,593 \text{ гр.}$$

$$1) 2a - b = 0,3344 - 0,213 = 0,1214 = m$$

$$2) c - a = 0,593 - 0,1672 = 0,4258 = n$$

по 1-му равенству опредѣляется количество потребной на 1 літръ воды извѣсти, а по 2-му количество Ѣдкаго натра въ градусахъ жесткости извѣсти; Ѣдкій патръ замѣняемъ извѣстью и содой; тогда теоретическія количества реактивовъ на 1 літръ очищаемой воды будутъ:

$$\text{извѣсти } 0,1214 + 0,4258 = 0,5472 \text{ грамма}$$

$$\text{соды } 0,4258 \times 1,89 = 0,804 \text{ грамма,}$$

что дастъ расходъ реактивовъ въ часъ при очисткѣ двумя аппаратами 6 куб. саж. = 58274 литровъ воды

$$0,5472 \times 58274 = 31,89 \text{ килограммовъ, т. е.}$$

$$31,89 : 16,38 = 1,95 \text{ пудовъ извѣсти}$$

и

$$\frac{0,804 \times 58274}{1000 \times 16,38} = 2,86 \text{ пудовъ соды.}$$

Дѣйствительный расходъ реактивовъ по отчету о химической водѣ на ст. Тихорѣцкая за 1903 годъ выражается цифрами: на годичное количество очищенной воды, равное 21490 куб. саж. израсходовано 14015 пудовъ извѣсти и 7706 пуд. соды, что на часовое количество воды, равное 6 куб. саж. дастъ въ среднемъ:

$$\text{часовой расход извести} = \frac{14015 \times 6}{21490} = 3,9 \text{ пуда}$$

$$\text{»} \quad \text{»} \quad \text{соды} = \frac{7706 \times 6}{21490} = 2,2 \text{ пуда.}$$

Количества очень близкия къ теоретически вычисленнымъ, если принять во вниманіе мѣняющійся составъ воды и постороннія примѣси въ извести и содѣ. (Обыкновенная извѣсть содержитъ отъ 50%—90% чистой безводной окиси кальція, а кальцинированная сода—85%—96% чистаго вещества).

Часовое количества воды, которое должно поступать въ сатураторъ равно

$$\frac{31890}{2} : 1,3 = 12,27 \text{ кб. метровъ.}$$

Согласно чертежа вода входитъ въ сатураторъ по трубѣ, діаметръ которой = 350 мм., а площадь = 962 кв. сант., такъ что скорость протока воды въ ней равна

$$v = \frac{12270000}{3600 \times 962} = 3,5 \frac{\text{сант.}}{\text{секунд.}}$$

Затѣмъ, послѣ смѣшенія воды съ известковой гущей, смѣсь поступаетъ во внѣшній цилиндръ сатуратора, где постепенно подымается вверхъ со скоростью

$$v_1 = \frac{12270000}{3600 \times (2,27 - 0,0962) 10000} = 0,16 \frac{\text{сант.}}{\text{секунд.}} = 1,6 \frac{\text{милл.}}{\text{секунд.}}$$

Въ трубѣ для смѣси воды и извести, вода находится около

$$\frac{7000}{35} = 200 \text{ сек.} = 4 \text{ минутъ,}$$

а во внѣшнемъ цилиндрѣ сатуратора № 1

$$\frac{8600}{1,6 \times 60} = 90 \text{ минутъ} = 1 \text{ ч. 30 м.}$$

Такъ какъ практика указала, что часть извести изъ сатуратора уносится въ нерастворенномъ видѣ въ главный осадочный цилиндръ аппарата, то былъ устроенъ второй сатураторъ—отстойникъ съ  $d_2 = 230$  сант., и площадью 41548 сант.<sup>2</sup>, такъ что средняя скорость протечениія въ немъ воды будетъ

$$v_2 = \frac{12270000}{3600 \times 41548} = 0,09 \frac{\text{сант.}}{\text{секунд.}} = 0,9 \frac{\text{милл.}}{\text{секунд.}}$$

а пребываніе воды въ сатураторѣ № 2 будетъ около

$$\frac{7400}{0,9 \times 60} = 2 \text{ часа } 17 \text{ минутъ},$$

такъ что въ общемъ вода находится въ сатураторахъ около

$$t = 4 \text{ м.} + 1 \text{ ч. } 30 \text{ м.} + 2 \text{ ч. } 17 \text{ м.} = 3 \text{ ч. } 51 \text{ м.} \approx 4 \text{ часа.}$$

Тоже время пребыванія воды въ сатураторахъ получится, если считать по полезнымъ объемамъ сатураторовъ, а именно:

$$t = \frac{19,52 + 30,71}{12,27} = 4 \text{ часа.}$$

Вода и реактивы встрѣчаются въ смѣсительной трубѣ главнаго цилиндра аппарата; діаметръ ея  $d_3 = 650$  мм. и площасть ея сѣченія

$$w_3 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \times 650^2}{4} = 331831 \text{ мм.}^2;$$

такъ какъ количество воды, очищаемой въ 1 часъ однимъ водоочистителемъ = 3 куб. саж. или 29137 литрамъ, то скорость протеканія жидкости въ смѣсительной трубѣ будетъ равна

$$v_3 = \frac{29137000000}{331831 \times 3600} = 25 \frac{\text{мм.}}{\text{секунда}} = 2,5 \frac{\text{сант.}}{\text{секунда}}.$$

Діаметръ осадочнаго цилиндра  $D = 3600$  мм. и соответствующая ему площасть поперечнаго сѣченія

$$w_4 = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \times 3600^2}{4} = 10178800 \text{ мм.}^2,$$

такъ что скорость поднятія воды въ немъ по вертикальному направлѣнію будетъ равна:

$$v_4 = \frac{29137000000}{(10178800 - 331831) \times 3600} = 0,8 \frac{\text{мм.}}{\text{секунда}}.$$

Время же пребыванія въ немъ воды  $t_1$ , какъ и вообще въ аппаратахъ системы «Дериомо» (этотъ аппаратъ устроенъ фирмой «Борманъ, Шведе и К°» въ Варшавѣ), около 3 часовъ (на самомъ дѣлѣ немногого менѣе; дѣйствительно, если считать по полезному объему осадочнаго цилиндра, то

$$t_1 = \frac{73,23}{29,14} = 2,51 \text{ часа} = 2 \text{ часа } 30 \text{ минутъ}.$$

Задаваясь временемъ пребыванія  $t_1$  воды въ осадочномъ цилиндрѣ и зная среднюю скорость поднятія воды въ немъ  $v_4$ , можно опредѣлить потребную высоту аппарата  $h$  по формулѣ

$$h = v_4 \times t_1 \times 3600 = 0,8 \times 2,51 \times 3600 = 7229 \text{ мм.},$$

да считая около 15%—20% на мертвый объем фильтра и осадочного цилиндра получимъ:

$$h = 7229 \times 1,18 = \infty 8500 \text{ миллиметровъ.}$$

Помѣщенные въ осадочномъ цилиндрѣ винтовыя лопасти съ одной стороны удлиняютъ путь воды, но съ другой—онѣ стѣсняютъ поперечное сѣченіе протока воды; первое полезно, такъ какъ даетъ больше времени на осажденіе взвѣшенныхъ частицъ, а второе вредно, такъ какъ увеличиваетъ скорость протеканія воды и слѣдовательно, затрудняетъ это же осажденіе мути. Между тѣмъ практика говоритъ за примѣненіе лопастей, какъ механическихъ декантатаровъ мути, и аппараты послѣднихъ установокъ на Владикавказской жел. дорогѣ имѣютъ эти лопасти. При  $\alpha$  угла наклоненія винтовой линіи къ горизонту, равномъ,  $\frac{1}{4}(\alpha=14^\circ)$  и при 6 отдельныхъ системахъ лопастей, поперечное сѣченіе для движенія воды по винтовой линіи (черт. 43) будетъ равно:

$$\pi D \times 0,25 \times \frac{(D - d_3)}{2} = \frac{3,14 \times 3600 \times 0,25 \times 2950}{2} = 4168350 \text{ мм.}^2$$

и средняя скорость протока воды будетъ около

$$v_0 = \frac{29137000000}{4168350 \times 3600} = 1,93 \frac{\text{мм.}}{\text{секунда}},$$

а длина пути по средней винтовой линіи движенія воды будетъ равна

$$l = \frac{73,23}{4,17} = 17,5 \text{ метровъ,}$$

Разматривая только что приведенный разсчетъ, можно убѣдиться въ томъ, что повѣрочные результаты удовлетворяютъ теоретическимъ требованіямъ. Другія, болѣе мелкія части аппаратовъ, какъ напримѣръ, водосливы, поплавки, трубы и т. п. могутъ быть разсчитаны по правиламъ гидравлики.

2) Просмотримъ аналогичнымъ способомъ аппаратъ Гинсбурга установленный на ст. Джабель Среднеазіатской жел. дороги. Аппаратъ этотъ подробно описанъ на стр. 45—47 (черт. 45). (Гатцукъ Журналъ М. П. С. кн. II, 1907 г.). Руководствуясь данными химического анализа, опредѣлимъ по предыдущему количеству потребныхъ реагентовъ.

Составъ воды на литръ ея въ граммахъ:

Твердый остатокъ . . . . .	1,2858
CaO . . . . .	0,2034
MgO . . . . .	0,0712
SO <sub>3</sub> . . . . .	0,5116
Cl . . . . .	0,0913

CO <sub>2</sub>	0,0708
SiO <sub>2</sub>	0,0134
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	слъды
Общая жесткость	30,3°

$$a = 0,0708; b = 0,2034; c = 0,303 \text{ (стр. 38).}$$

$$2a - b = m = 0,1416 - 0,2034 = - 0,0618 \text{ гр.}$$

$$c - a - m = 0,303 - 0,0708 - 0,0618 = 0,1704 \text{ гр.}$$

и потребное количество прибавляемой на литръ воды соды будеть =  $0,0618 \times 1,89 = 0,36$  грамма, и Ѣдкаго натра  $0,1704 \times 1,43 = 0,244$  гр.

Если по предыдущему Ѣдкій натръ составимъ изъ извести и соды, то въ окончательномъ результатаѣ получимъ на 1 кб. саж. воды необходимое количество чистаго вещества извести около 4 фунтовъ и соды около 8 фунтовъ. Въ дѣйствительности же расходъ реактивовъ при употреблениіи обыкновенной извести и кальцинированной соды выражается въ фунтахъ около 8,37 для извести (50%) и 7,74 фунтовъ для соды (85%). Вообще же при исчислениі количества потребной извести, при образованіи Ѣдкаго натра изъ соды и извести лучше принимать равныя количества соды и извести, т. е. принимать извѣстъ въ избыткѣ, какъ обѣ этомъ сказано на стр. 52 (W. Rottmann. Die Untersuchung und Verbesserung des Wassers стр. 121), или количество извести увеличивать до 2-хъ разъ въ зависимости отъ степени чистоты ея.

Кальцинированая сода довольно чиста и содержитъ около 96% чистаго вещества.

Количество чистаго вещества извести, потребнаго для очистки 1 куб. саж. воды по даннымъ г. Гатцука равно въ среднемъ 4,18 фунта или 1.81 килограмма, такъ что часовой расходъ въ сатураторѣ будеть

$$\frac{1810 \times 30^*)}{24 \times 1,25^{**}} = 1810 \text{ литровъ} = 1.81 \text{ кб. метра}$$

а средняя скорость поднятія воды въ немъ

$$V = \frac{1810000}{\frac{\pi d^2}{4} \times 3600} = \frac{503}{28158} = 0.02 \frac{\text{сант.}}{\text{секунда}} = 0.2 \frac{\text{мм.}}{\text{секунда}}$$

Насыщенный растворъ извести отстаивается въ сатураторѣ въ продолженіи

$$\frac{2.80 \times 9.71}{1.81} = 15 \text{ часовъ}$$

\*) расходъ воды въ сутки 30 кб. саж.

\*\*) въ дѣйствительности 1,14

Скорость протока воды въ большомъ осадочномъ цилиндрѣ отстойника № 1 и отстойникѣ № 2 равно приблизительно

$$V = \frac{1.25 \times 9712000}{3600 \times 43374} = 0,08 \frac{\text{сант.}}{\text{секунда}} = 0,8 \frac{\text{мм.}}{\text{секунда.}}$$

Время пребыванія воды въ отстойникѣ № 1 равно

$$\frac{24 \times 4}{30} = 3 \text{ ч. } 20 \text{ минут.}$$

и въ отстойникѣ № 2

$$\frac{24 \times 3.80}{30} = 3 \text{ часа.}$$

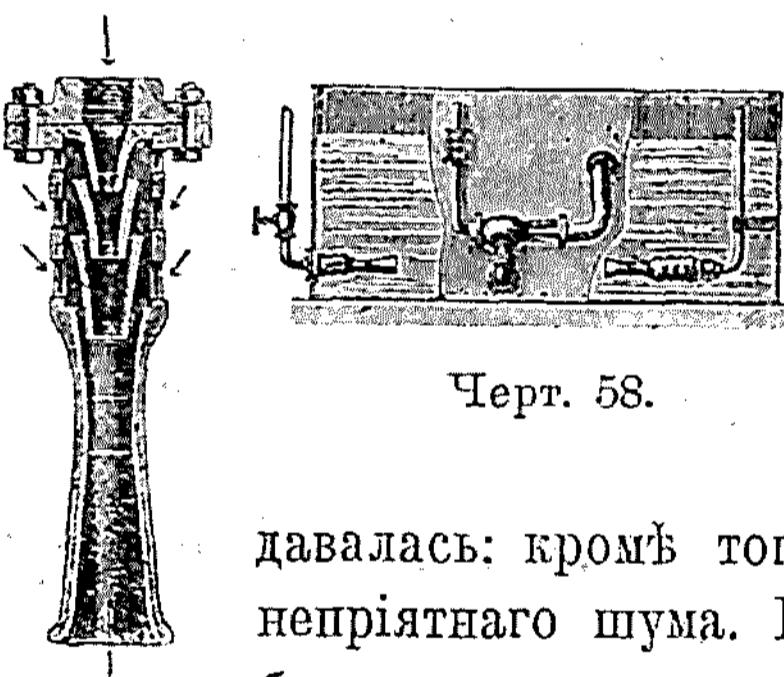
такъ что въ общемъ вода отстаивается въ теченіи 6 часовъ.

## Подогрѣваніе.

Подогрѣваніе очищаемой воды ускоряетъ и обеспечиваетъ химические процессы. Подогрѣваніе производится или подогрѣвателями или паромъ,

специально для того приготовленнымъ или отработавшимъ паромъ существующихъ въ зданіи установокъ. При употреблениіи пара непосредственно необходимо заботиться о томъ, чтобы циркуляція воды была энергичная и чтобы теплота быстро и безъ потерь ей передавалась: кромѣ того, необходимо избѣгать часто слышимаго непріятнаго шума. Въ этомъ отношеніи хороши аппараты, изображенные на черт. 57 и 58.

Черт. 57.



Черт. 58.

Количество передаваемаго паромъ водѣ тепла опредѣлится уравненіемъ

$$M = Qs(t_1 - t_0) \dots WE,$$

гдѣ

$M$  — передаваемое количество тепла.

$Q$  — вѣсь подогрѣваемой воды

$s$  — теплоемкость воды

$t_1$  и  $t_0$  — требуемая для реакціи температура воды и начальная ея температура.

Вычисливъ количество тепла, получаютъ необходимое количество пара въ килограммахъ, раздѣливъ общее количество тепла на количество тепла которое можетъ передать 1 килограммъ пара. Обозначивъ чрезъ  $D$  — потребное количество пара въ килограммахъ,  $W$  — общее количество теплоты 1 килограмма пара, имѣемъ

$$D = \frac{Qs(t_1 - t_0)}{W - t_1 + t_0} - \frac{2}{2}$$

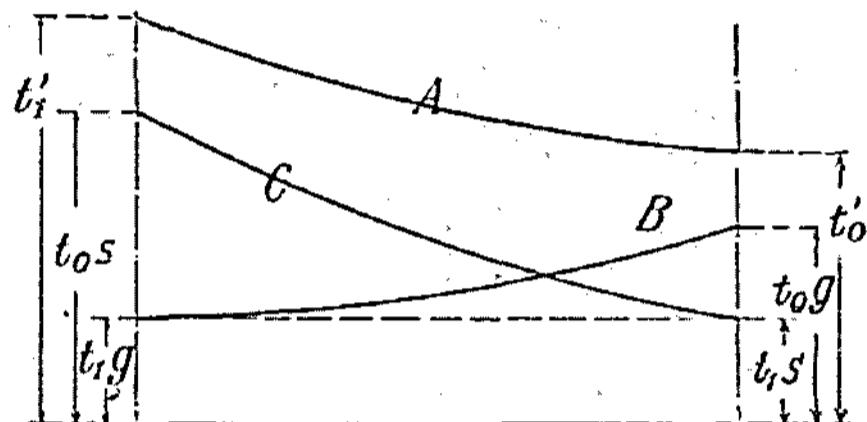
Иногда предпочитают производить подогревание змеевикомъ, по которому циркулируетъ паръ. Въ этомъ случаѣ важенъ вопросъ, какъ проводить воду и паръ по одному ли направлению или навстрѣчу другъ другу. Уравненіе для передаваемаго количества будеть:

$$M = Qs_1(t_1 - t_0) = Q_1 s_2(t_1' - t_0')$$

гдѣ  $M$ ,  $Q$ ,  $s_1$ ,  $t_1$ , и  $t_0$  имѣютъ прежнія значенія, а  $Q_1$ ,  $s_2$ ,  $t_1'$  и  $t_0'$  соотвѣтственныя значенія для пара. По температурамъ  $t_1$ ,  $t_0$ ,  $t_1'$  и  $t_0'$  опредѣляемъ среднюю разность температуръ  $D_m$  между паромъ и водой, а затѣмъ, обозначая чрезъ  $H$  — поверхность нагревателя (въ частномъ случаѣ змеевика) и чрезъ  $k$  коэффициентъ передачи тепла получаемъ

$$M = kHD_m$$

Какъ мѣняются температуры воды и подогревающаго ее пара можно видѣть изъ чер. 59, гдѣ  $A$  — кривая паденія температуры пара, а  $t_1'$  и  $t_0'$  — температуры пара при входѣ и выходѣ его изъ подогревателя, кривая  $B$  — представляетъ измѣненіе температуры подогреваемой воды при одинаковомъ направлениі циркуляціи воды и пара, при чмъ  $t_{1g}$  и  $t_{0g}$  — начальная и конечная температуры воды, и, наконецъ,  $C$  — подобная кривая въ случаѣ противоположнаго движенія воды и пара, гдѣ  $t_{0s}$  и  $t_{1s}$  — начальная и конечная температуры подогреваемой воды (вмѣсто пара можетъ быть взята другая подогревающая среда). Изъ разсмотрѣнія чертежа 59 и теоретическихъ формулъ можно заключить:



Черт. 59.

1) Конечная температура воды при параллельныхъ токахъ воды и подогревающей ее среды  $t_{0s}$  ниже напнizшей температуры  $t_0'$  подогревающей среды; при противоположныхъ токахъ воды и подогревающей среды  $t_{0s}$  меньше  $t_1'$ . Такимъ образомъ, при противоположныхъ токахъ воды и подогревающей среды возможно достичь большей степени подогреванія, нежели при параллельныхъ токахъ.

2) Разность среднихъ температуръ подогревающей среды и воды  $D_m$  значительнѣе при параллельныхъ токахъ, что даетъ возможность, въ этомъ случаѣ, ограничиться меньшой поверхностью нагрева.

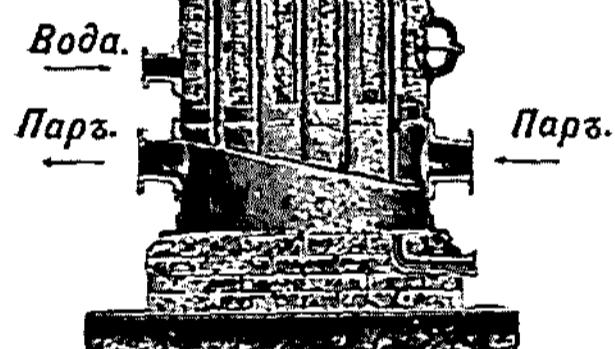
3) При противоположныхъ токахъ конечная температура воды выше, нежели при параллельныхъ токахъ. Слѣдовательно, для полученія одинаковыхъ конечныхъ температуръ выходящей изъ подогревателя воды въ первомъ случаѣ потребуется меныше топлива.

Фигура 60 представляетъ подогрѣватель съ параллельными токами воды и пара, а фигура 61 такой же приборъ съ противоположными токами.

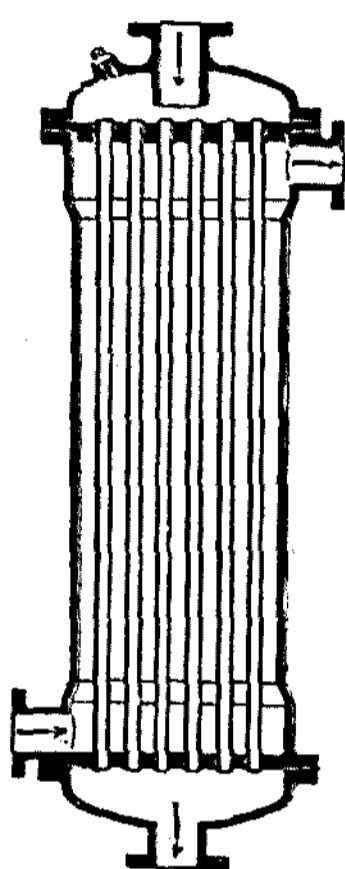
Подогрѣваніе воды происходитъ большею частью въ самихъ очистительныхъ аппаратахъ, въ особенности, если для подогрѣванія примѣняется отработавшій паръ.

Черт. 62 представляетъ аппаратъ фирмы *Carl Morgenstern* въ Штутгартѣ; онъ состоитъ изъ 2-хъ цилиндровъ, изъ которыхъ большой образованъ изъ 2-хъ частей: верхней и нижней. Въ верхней части находится сосудъ для растворенія соды *S* и подогрѣвателя *V*.

Подогрѣватель состоитъ изъ помѣщенныхъ въ свободномъ пространствѣ пластинокъ, подъ которыя, навстрѣчу водѣ, текущей изъ трубы *B* въ видѣ водопада, поступаетъ паръ по трубѣ *E*. Нижняя часть аппарата служить для перемѣшиванія реактивовъ съ водою, для выдѣленія осадковъ и для фильтраціи очищенной воды и со-



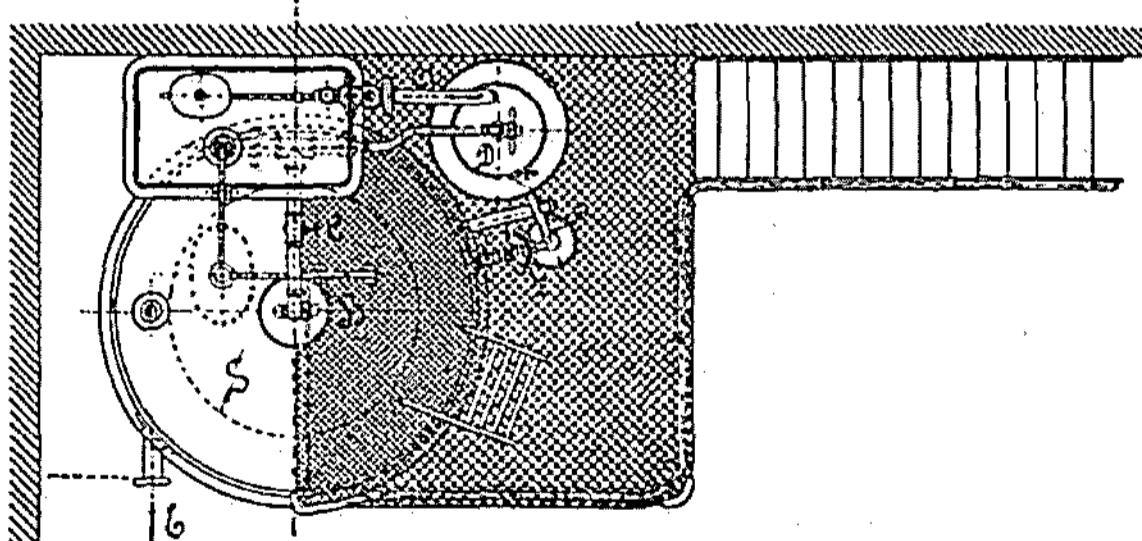
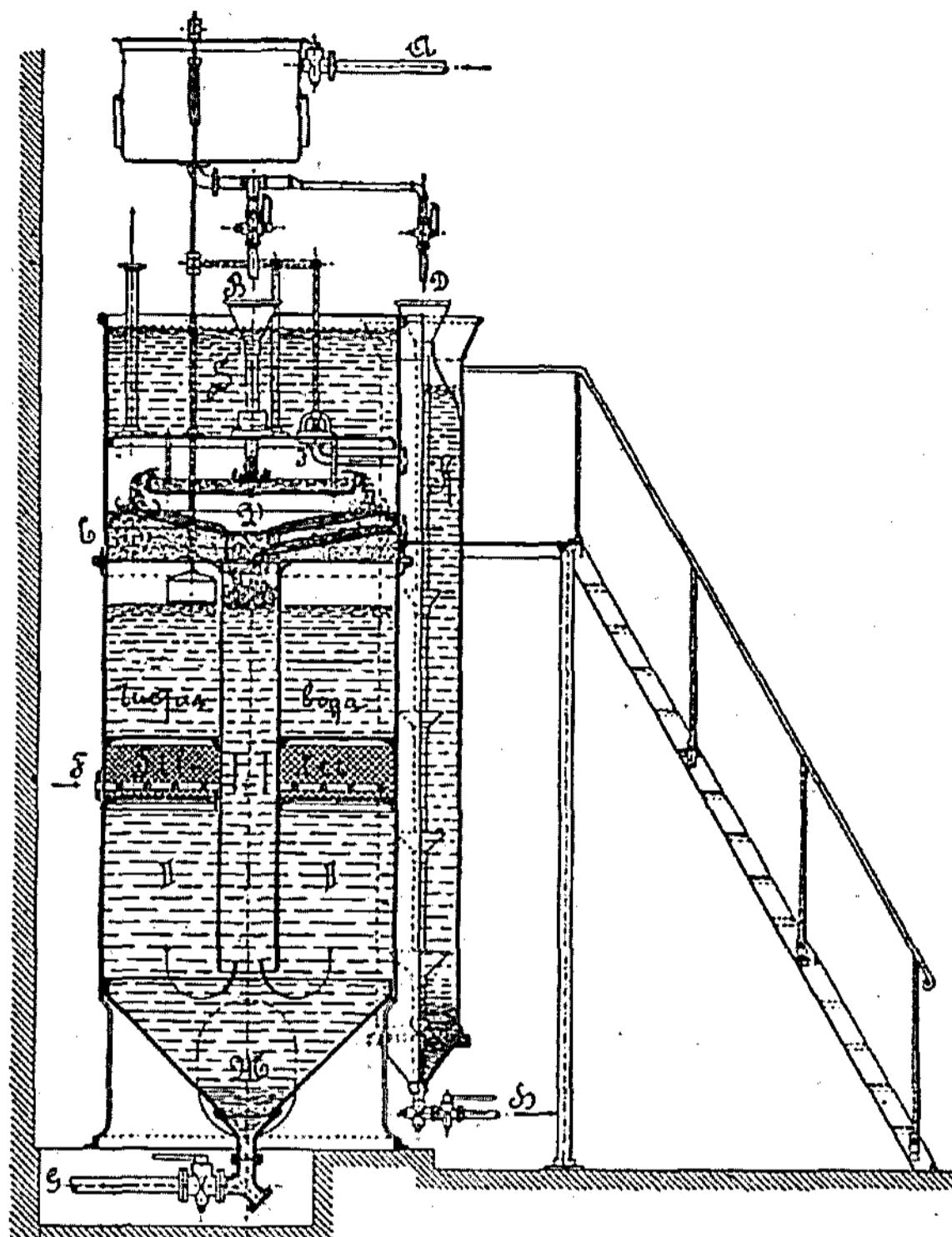
Черт. 60.



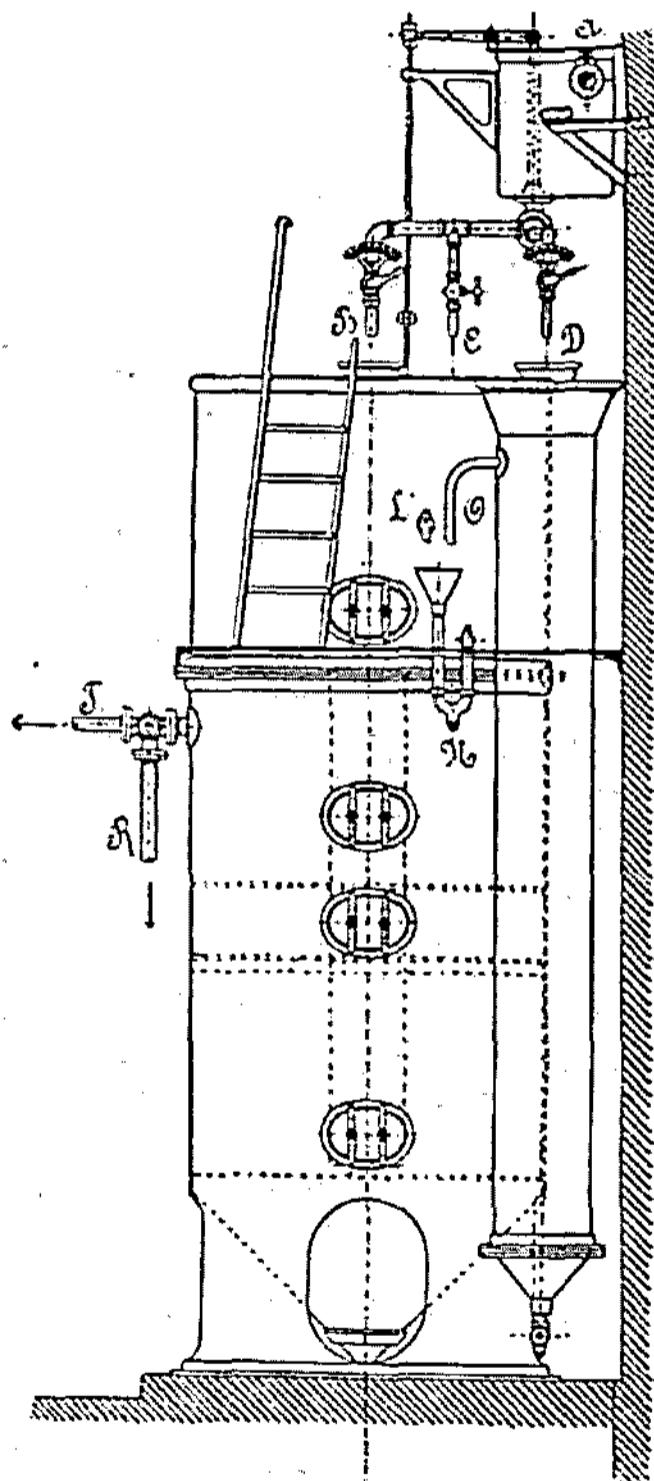
Черт. 61.

стоитъ изъ 2-хъ камеръ *I* и *II*; въ камеру *I* вступаетъ подогрѣтая вода и реактивы въ точкѣ *V*. Реактивы поступаютъ въ *N* чрезъ *L* и *O*, гдѣ *N*—есть легко очищаемая трубка съ водянымъ затворомъ, чтобы паръ изъ подогрѣвателя не могъ выйти. Неочищенная вода и реактивы смѣшиваются у точки *V*, затѣмъ идутъ внизъ, вступаютъ во *II* камеру; отсюда вода подымается наверхъ чрезъ фильтръ, такъ что чрезъ кранъ *T* можетъ быть получена очищенная вода. Внизу помѣщается резервуаръ для осадковъ, который можетъ быть опорожненъ чрезъ трубу *G*. Въ сатураторѣ *K* известковый растворъ получается дѣйствиемъ воды на тарелки съ известью. Кранъ *H* для выпуска осадка. Надъ аппаратомъ помѣщены запасной резервуаръ для воды, которая чрезъ краны *B*, *C* и *D* дѣлится на части для образованія известковаго раствора, содового раствора и третья часть поступаетъ въ трубу *B*. Краны *B*, *D* и *L* снабжены складами и индексами для измѣренія количества проходящей жидкости. Въ запасномъ резервуарѣ помѣщены плавающіе затворы, которые управляются поплавками, помѣщеными въ отдѣленіи для чистой воды большого цилиндра аппарата. Аппаратъ работаетъ автоматически.

Другой подобный аппаратъ (черт. 63) фирмы: «*Siegrheinische Hütten, Aktiengesellschaft zu Friedrich Wilhelms-Hütte Sieg*», состоить изъ вертикального цилиндра раздѣленаго промежуточными стѣнками на 3 части; верхняя часть поперечной стѣнкой раздѣлена на 2 части, изъ которыхъ одна предназначена для содоваго раствора, а вторая замѣняеть сатураторъ; средняя часть служить конденсаторомъ и подогрѣвателемъ. Нижняя часть тремя стѣнками раздѣлена на 4



Черт. 62 а.



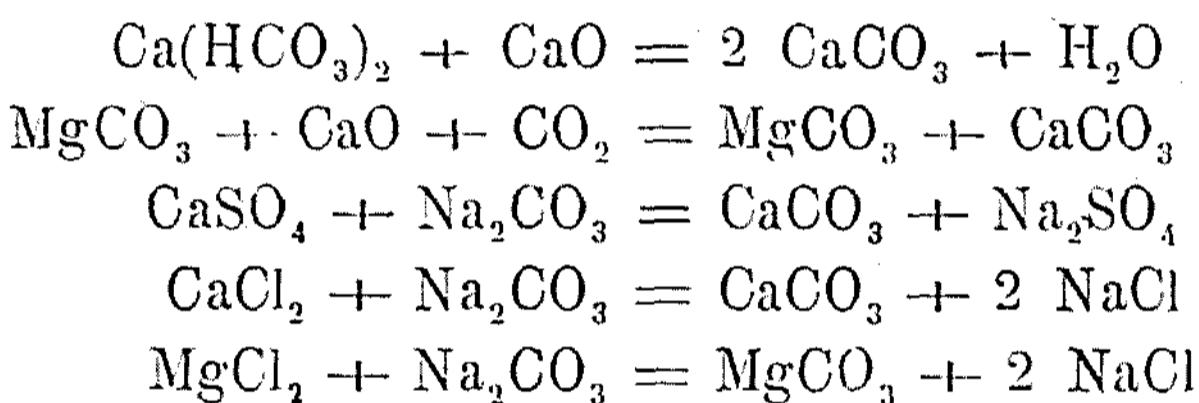
Черт. 62 б.

очистительныхъ камерахъ, въ которыхъ происходитъ смѣшеніе воды съ реактивами, осажденіе нерастворимыхъ осадковъ и фильтрованіе воды.

Отработавшій паръ машинъ чрезъ трубы *A* и *C* проходитъ внизъ и всасываетъ на подобіе инжектора воздухъ; всасываніе усиливается каминкомъ. Въ трубѣ *C* происходитъ смѣшеніе пара и воздуха, вслѣдствіе чего паръ конденсируется, осаждаясь на блюдо *D*. Сюда же попадаетъ холодая неочищенная вода, къ которой, соотвѣтственно содержанию въ

ней растворимых соединеній, чрезъ щитъ  $U$  притекаетъ растворъ извести. Излишekъ воды съ блюда  $D$  стекаетъ на дно  $G$ , чрезъ отверстie  $F$  на дно  $E$ , и отсюда въ очистительную камеру № 3, гдѣ къ водѣ промышивается содовый растворъ. Такимъ образомъ отъ блюда до камеры № 3 имѣется 3 перепада жидкости, проходящіе чрезъ смѣсь пара съ воздухомъ, что вызываетъ дальнѣйшую конденсацію пара. Воздухъ и еще не конденсировавшійся паръ отдѣляются окончательно отъ воды при входѣ ея въ камеру № 3 и уходятъ чрезъ каминъ  $S$  наружу. Въ камерѣ № 3, тотчасъ по вступленіи воды въ нее, начинается осажденіе нерастворимыхъ соединеній. Образовавшіеся осадки въ камерахъ №№ 3, 4, 5 и 6 складываются на днѣ осадочного цилиндра. Содержащіеся въ водѣ масла и жиры частью растворяются въ водѣ, частью увлекаются внизъ цилиндра хлопьевидными осадками, такъ что происходитъ болѣе или менѣе совершенное очищеніе воды.

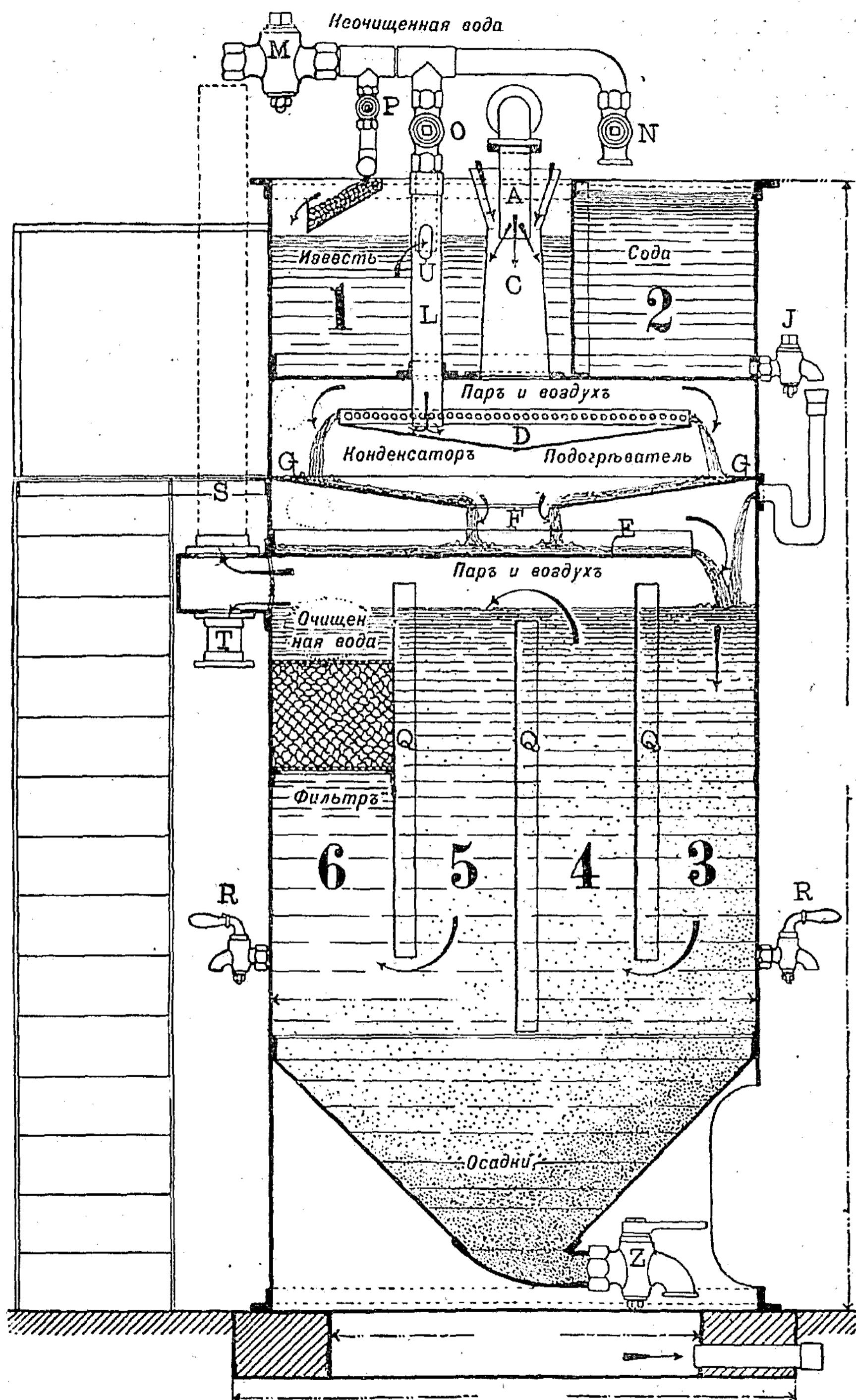
Происходящіе при этомъ химические процессы могутъ быть представлены слѣдующими формулами:



(названія этихъ элементовъ помѣщены выше таб. № 8).

Такимъ образомъ тѣ соединенія, изъ которыхъ образуется обыкновенно «котельный камень» осаждаются на дно, въ видѣ нерастворимыхъ осадковъ и могутъ быть удалены механически. Для болѣе усиленаго осажденія нерастворимыхъ соединеній устроены поперечныя стѣнки  $Q$ ,  $Q$ ,  $Q$ , — какъ это показано на черт. 63, и вода, чтобы достичь выходного отверстия  $T$ , должна описать длинный путь чрезъ камеры №№ 3, 4, 5 и 6; опускающаяся по камерамъ 3 и 5 вода, переходя въ камеры 4 и 6, внезапно уменьшаетъ скорость и мелкія частицы, вслѣдствіе этого, уже не подымается вверхъ по камерамъ №№ 4 и 6, а постепенно отставая отъ общаго потока воды, падаютъ на дно. Особенно помогаетъ осажденію общее пространство для осадковъ внизу осадочного цилиндра.

Наиболѣе тяжелыя частицы осаждаются, вслѣдствіе значительнаго подогрѣванія воды уже въ камерахъ 3 и 4, а наиболѣе легкія въ камерахъ 5 и 6. При осажденіи болѣе крупныхъ частицъ увлекаются болѣе мелкія, что значительно сокращаетъ время очищенія воды. Въ камерѣ № 6 находится коксовый фильтръ, который здѣсь служить собственно для уравнивания колебаній при толчкообразномъ поступлении пара въ аппаратъ. Фильтръ, по загрязненіи, что случается очень рѣдко, можетъ



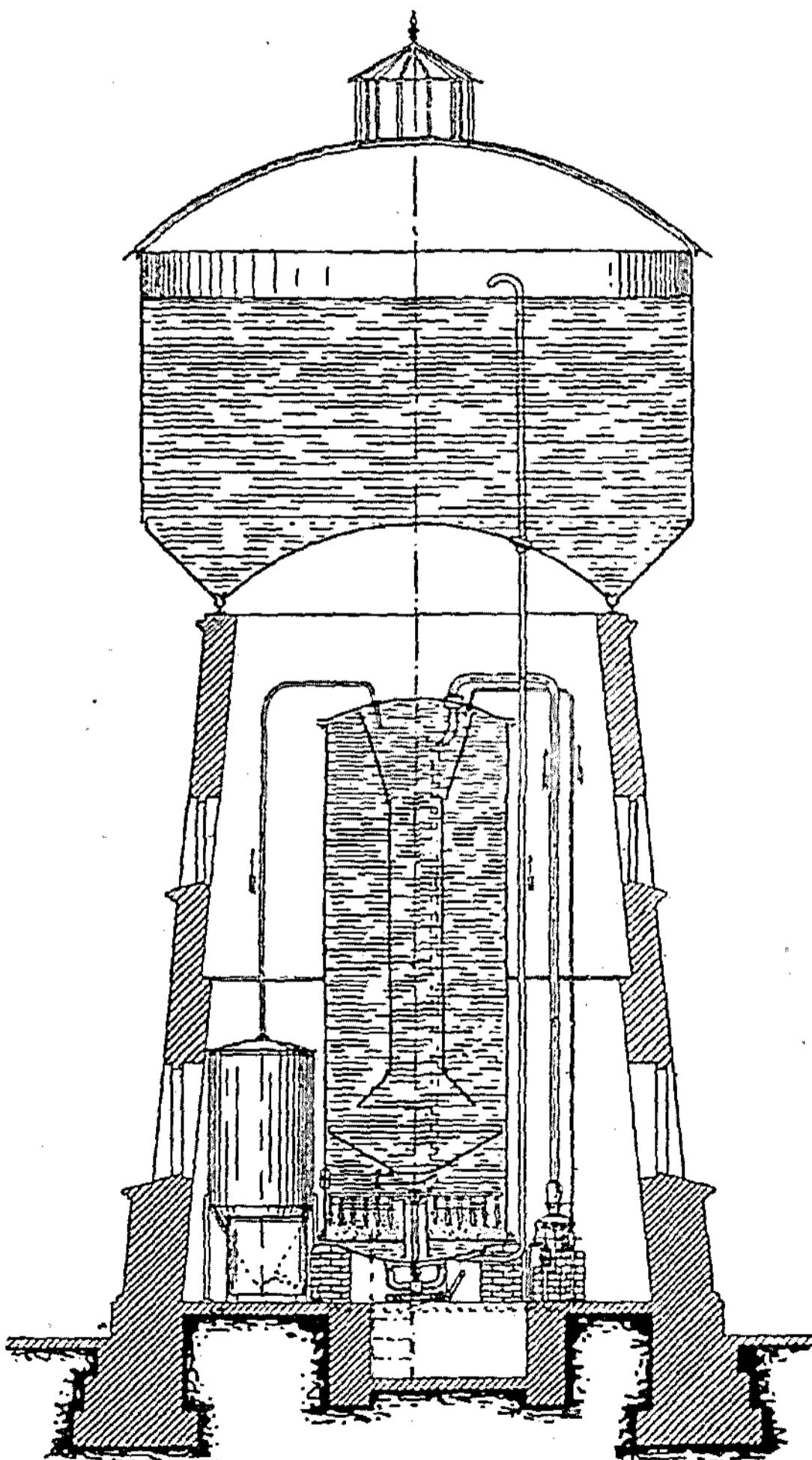
Черт. 63.

быть промытъ обратнымъ токомъ воды подъ напоромъ. Для повѣрки количества и дѣйствія реагентовъ помѣщены пробные краны  $R$ ,  $R'$ . Входъ воды чрезъ кранъ  $O$  устроенъ такъ, что притокъ ея все время одинаковъ; неравнomoжности въ притокѣ виды уравниваются особымъ резервуаромъ.

## Аппараты для очистки жесткихъ водъ различныхъ системъ.

Для болѣе полнаго ознакомленія съ аппаратами для очистки жесткихъ водъ укажемъ еще нѣкоторые:

Черт. 64 изображаетъ аппаратъ фирмы *Halvor Breda* въ Берлинѣ для желѣзнодорожныхъ водоснабженій, гдѣ водоемный бакъ служить резервуаромъ чистой воды. Въ отличіе отъ уже описанныхъ аппаратовъ реагенты поступаютъ здѣсь въ совершенно закрытый цилиндръ. Вода изъ приемного колодца посредствомъ какого либо двигателя нагнетается въ бакъ чрезъ водоочистительный аппаратъ. Въ связи съ двигателемъ, который нагнетаетъ воду въ очиститель, дѣйствуютъ два небольшихъ насоса, которые подаютъ въ верхнюю точку цилиндра водоочистителя растворы соды и извести, пропорционально общему количеству поданной для очистки воды. Смѣсь воды съ реагентами опускается по средней трубѣ, затѣмъ поднимается вверхъ по внѣшнему кольцевому помѣщенію осадочнаго цилиндра, все время выдѣляя нерастворимыя соединенія, которыя со дна могутъ быть чрезъ трубу выпущены наружу. Вода изъ верхней части внѣшняго кольцевого помѣщенія чрезъ трубу опускается внизъ и проходитъ фильтръ изъ крупнаго песка,



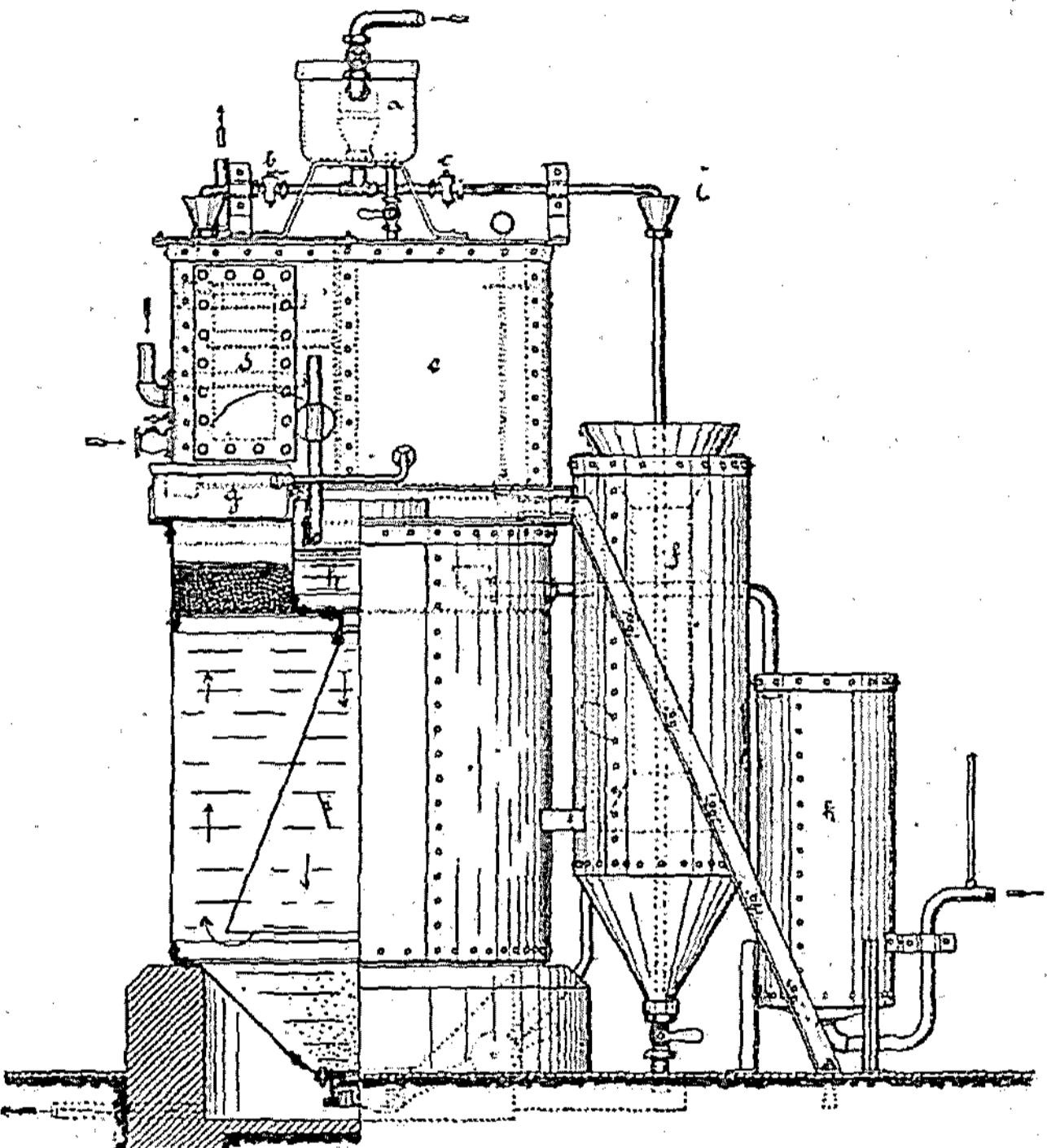
Черт. 64.

твъоримыя соединенія, которыя со дна могутъ быть чрезъ трубу выпущены наружу. Вода изъ верхней части внѣшняго кольцевого помѣщенія чрезъ трубу опускается внизъ и проходитъ фильтръ изъ крупнаго песка,

снабженной мѣшалкой, приводимой въ движение отъ руки или съ помощью небольшаго двигателя при промывкѣ фильтра обратнымъ токомъ воды.

Такимъ образомъ очистка воды здѣсь происходитъ безъ подогрѣванія. Далѣе вода поступаетъ подъ напоромъ въ баки.

Эта же фирма строить небольшие аппараты съ производительностью 0,35—1,5 куб. метровъ въ часъ (для котельныхъ установокъ съ поверхностями нагрѣва отъ 10 до 80 кв. метровъ). Подобный аппаратъ (черт. 65) сконструированъ такъ, что вода поступаетъ сначала въ верхній резервуаръ *a*, въ которомъ она удерживается на одномъ горизонте помошью плавающаго вентиля. Если вода подается въ резервуаръ *a* поршневымъ насосомъ или инжекторомъ, то, для поддержанія постояннаго горизонта, въ немъ устраиваютъ водосливы. Подъ этимъ резервуаромъ находится вертикальный цилиндръ; его верхняя часть раздѣлена стѣнкой на два отдѣленія: *d*—подогрѣвателъ и *e*—растворитель соды. Изъ резервуара *a* вода по проводу идетъ въ подогрѣвателъ и въ сатураторъ, причемъ количество ея опредѣляется кранами *b* и *c* со скалами и индексами. Въ подогрѣвателѣ вода проходить между ступенообразно расположеными пластинками внизъ, а ей навстрѣчу снизу вверхъ идетъ отработавшій паръ машинъ и, перемѣшиваясь съ водой, нагрѣваетъ ее. Излишекъ пара уходитъ въ особую трубу. При подогрѣваніи свѣжимъ паромъ, онъ непосредственно смѣшиваются съ водой въ безшумномъ подогрѣвателѣ, гдѣ, конденсируясь, паръ нагрѣваетъ воду. Растворенію извести въ сатураторѣ помогаетъ воздухъ ввидѣ пузырьковъ, который попадаетъ чрезъ открытую воронку *i*. Изъ резервуара *e* содовый растворъ чрезъ затворъ, управляемый плавучимъ вентилемъ, идетъ въ раздатчикъ соды *g*; упомянутымъ

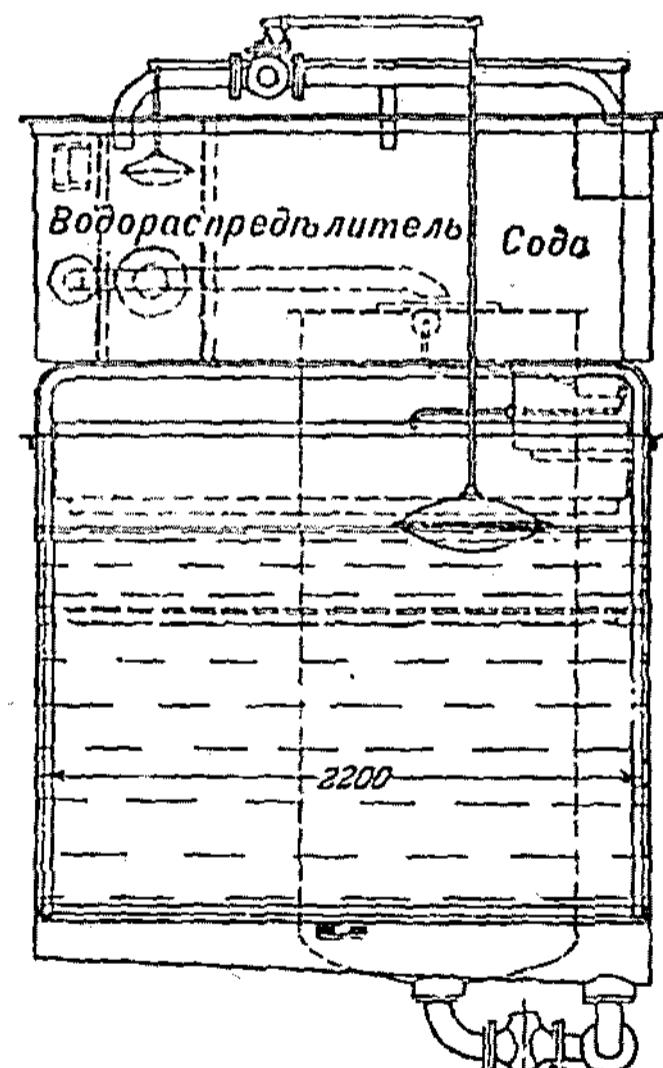
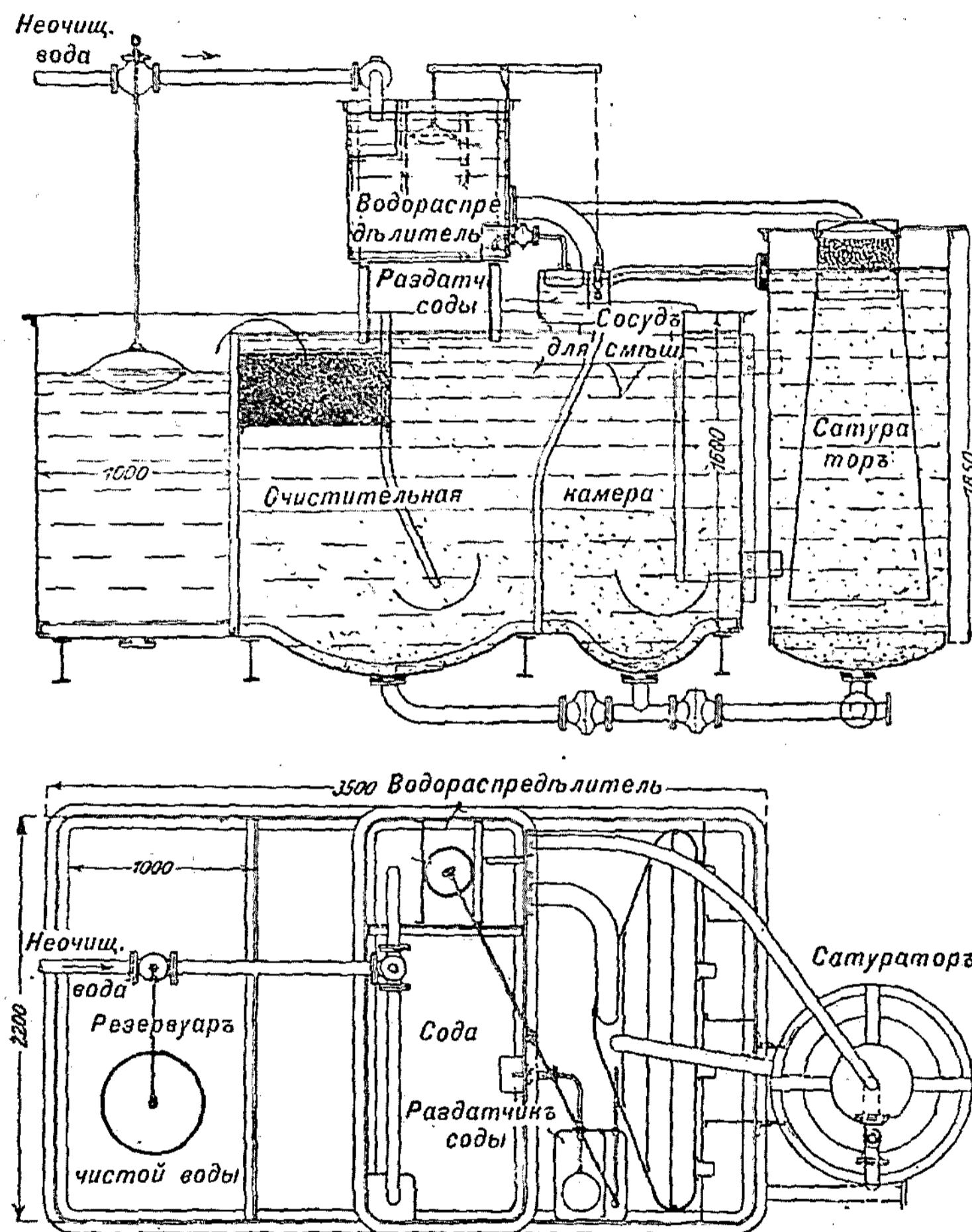


Черт. 65.

содовый растворъ идетъ въ раздатчикъ соды *g*; упомянутымъ

плавучимъ вентилемъ горизонтъ въ *g* держится на постоянной высотѣ; изъ него растворъ соды поступаетъ въ сосудъ для смѣшанія *h* съ извѣстью и водой. Смѣсь опускается по воронкѣ, замедляя постепенно скорость, затѣмъ идетъ вверхъ и проходитъ слой изъ камня и фильтръ изъ шерсти, гдѣ оставляеть мельчайшія частицы мути. Если фильтръ загрязняется, что происходитъ чрезъ 1—2 недѣли, то шерсть вынимается

и замѣняется новою обыкновенно въ ручную. Очищенная вода поступаетъ чрезъ сливную трубу въ особый резервуаръ *K*, объемъ котораго равенъ часовому расходу очищен-



Черт. 66.

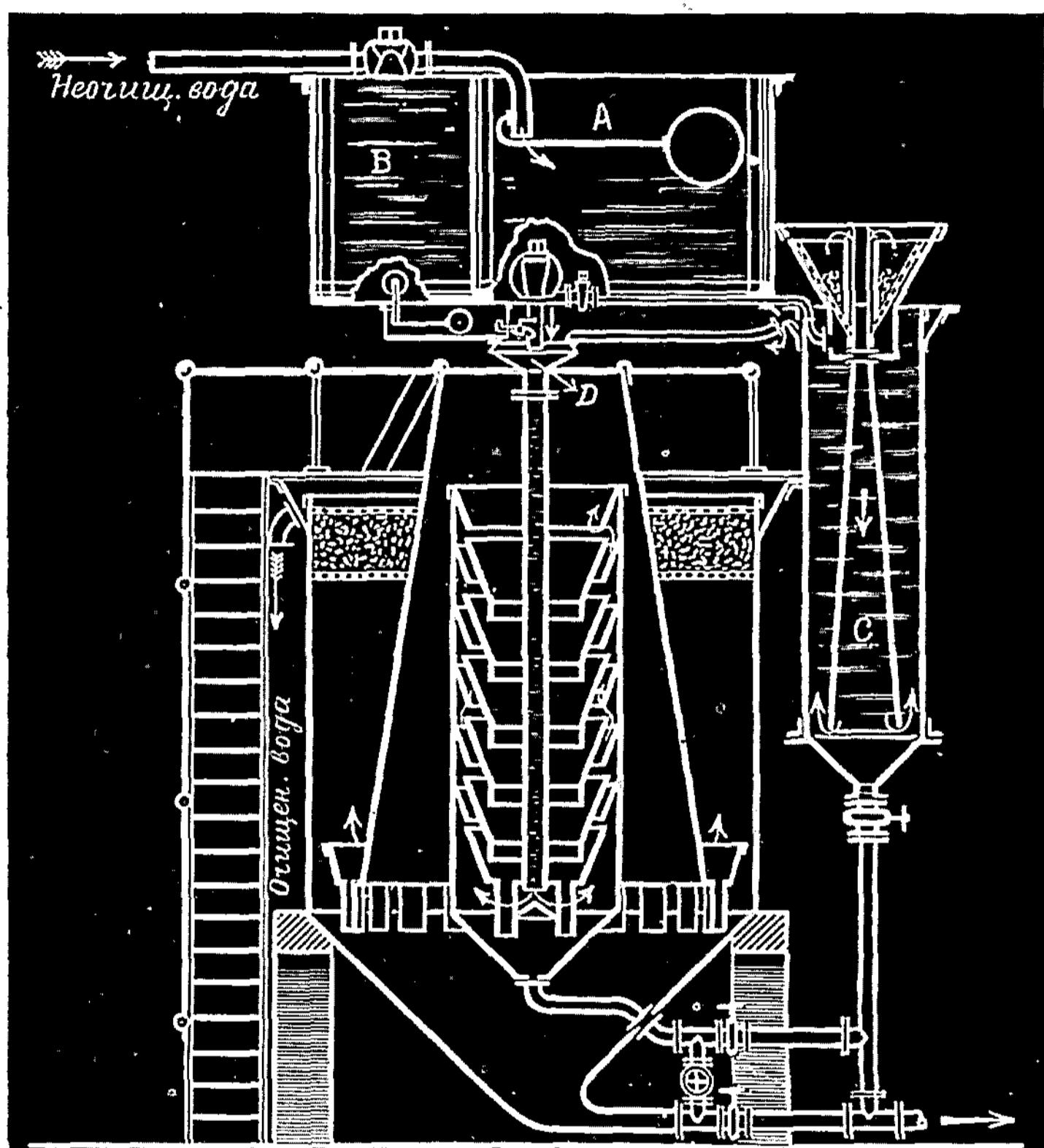
ной воды, а отсюда поступаетъ къ мѣсту потребленія.

На черт. 66 представленъ аппаратъ фирмы *F. Carnarius* въ Фринденбау.

Устройство для прибавки къ очищаемой водѣ извести и соды подробно описано на стр. 41 и изображено на черт. 42. Сода, извѣсть и неочищенная вода поступаютъ въ сосудъ для смѣшанія, а оттуда въ очистительныя камеры, гдѣ, отлагая постепенно твердые части, вода переходить чрезъ раздѣлительные стѣнки и фильтръ въ резервуаръ чистой воды и далѣе къ мѣстамъ потребленія съ помощью насоса или безъ него въ зависимости отъ

мѣстныхъ условій. Для болѣе успешнаго дѣйствія вода здѣсь подогревается до 50—60°.

На черт. 67а представленъ аппаратъ системы *Scheidt'a* (усовершенствованный аппаратъ «*Dervaux* \*»). Вверху аппарата находятся резервуары: для воды *A*, и для соды *B*. Входъ воды въ резервуаръ *A* регулируется автоматическимъ клапаномъ, что обеспечиваетъ постоянный горизонтъ воды въ немъ. Отсюда вода чрезъ краны со скалами и



Черт. 67 а.

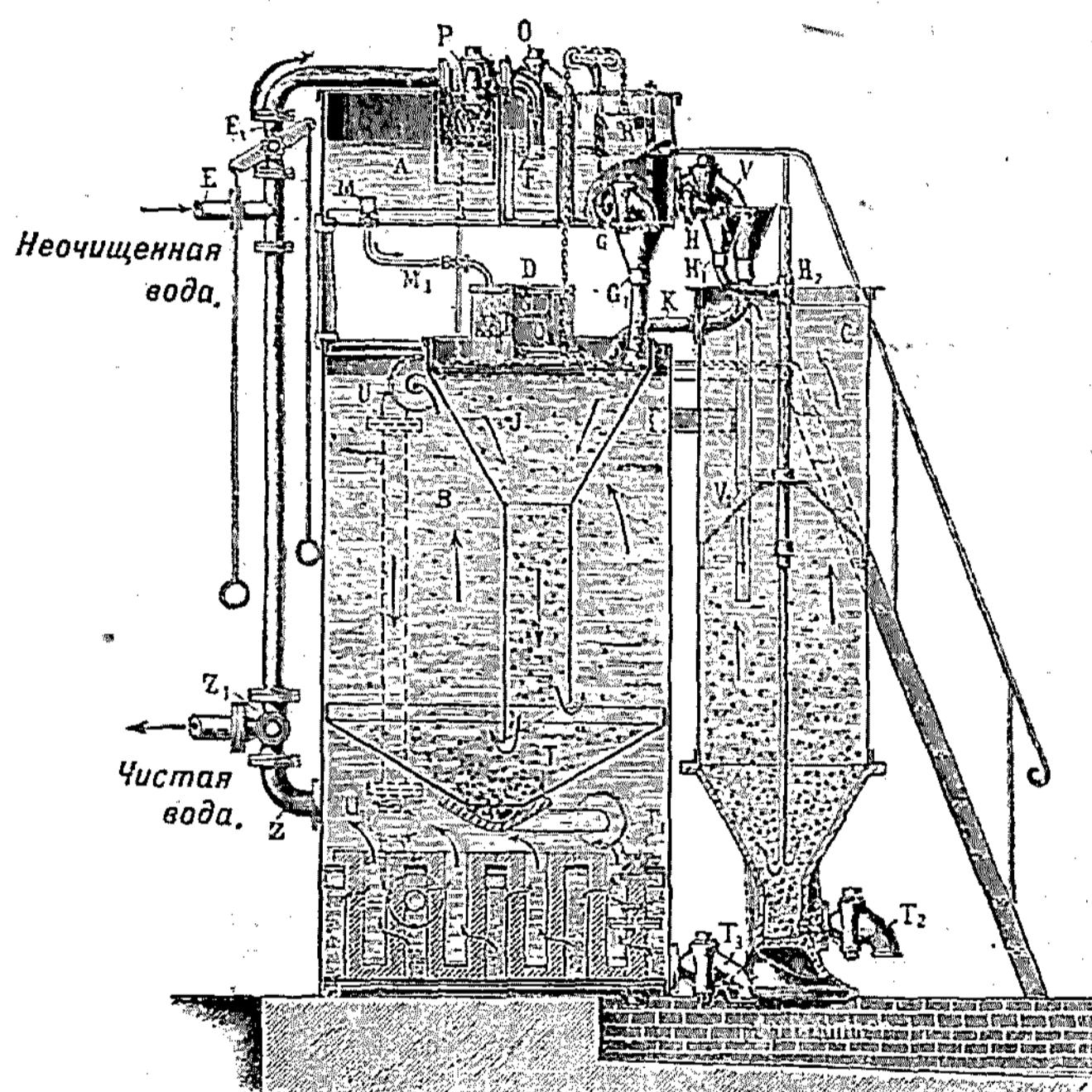
индексами поступаетъ частью въ сатураторъ *C*, частью въ сосудъ для смѣшанія *D*; въ *D* же идетъ сливная труба изъ сатуратора; сода изъ запаснаго резервуара для нея идетъ въ раздатчикъ и уже оттуда чрезъ кранъ со скaloю и индексомъ въ сосудъ *D*; въ раздатчикѣ соды помѣщены поплавокъ, управляющій вентилемъ при резервуарѣ соды, такъ, что въ раздатчикѣ ея поддерживается всегда одинъ опредѣленный горизонтъ жидкости. Изъ сосуда *D* вода съ реактивами при сильныхъ водоворотахъ отъ тренія поступаетъ въ среднюю трубу, где отдѣляется большая

\* ) Аппаратъ системы «*Dervaux*» изображенъ на черт. 67б.

часть осадковъ. При выходѣ изъ смѣсительной трубы вода разбивается о дефлекторъ и подымается по цилинду значительного діаметра, удлиняя свой путь, вслѣдствіе встрѣчающихся при движеніи воронокъ; пройдя затѣмъ расширяющуюся книзу воронку, вода поступаетъ въ наружный цилиндръ и, пройдя фильтры, переливается въ резервуаръ чистой воды, откуда она можетъ быть отведена къ мѣстамъ потребленія. Устройство сатуратора по этому типу не обеспечиваетъ полной растворимости извести, т. е., содержанія 1,20—1,30 граммовъ ея на 1 літръ воды, и степень насыщенія известковаго раствора, по опытамъ Владикавказской

жел. дороги, достигаетъ лишь  $74^{\circ}$ , т. е. содержанія 0,74 граммовъ извести на 1 літръ воды.

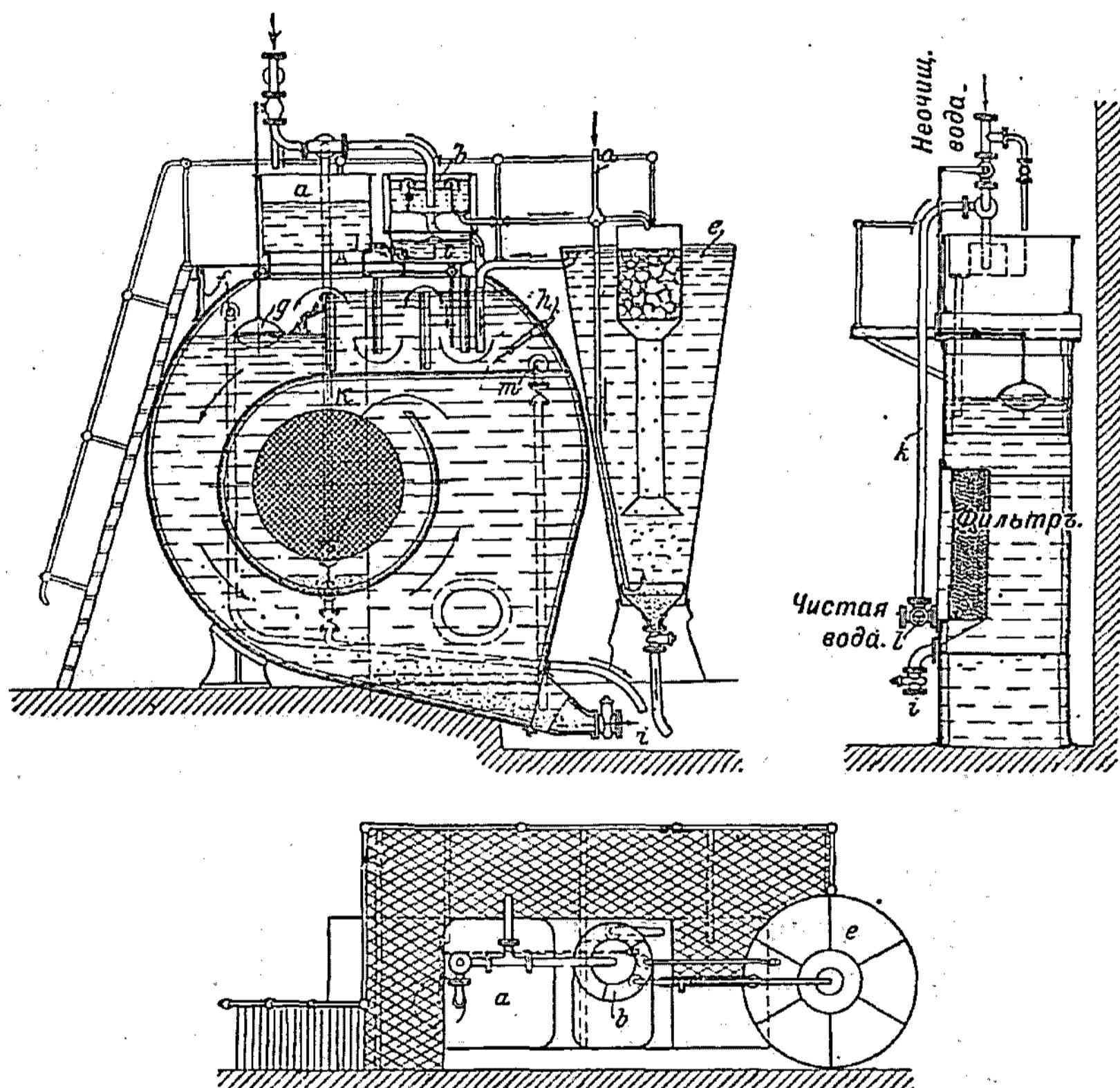
Черт. 68 представляетъ аппараты системы «*Breuer*»; онъ состоитъ изъ раздѣленнаго на 3 части промежуточными стѣнками резервуара *A*, очистительной камеры *B*, сатуратора *C* и раздатчика соды *D*. Подлежащая очисткѣ вода поступаетъ въ аппаратъ въ точкѣ *E* и далѣе проходитъ въ предназна-



Черт. 68.

ченное для нея отдѣленіе резервуара *A*; въ этомъ отдѣленіи на одинаковой высотѣ находятся краны *G* и *H*, чрезъ которые вода поступаетъ въ трубу *J* и сатураторъ *C*. Чрезъ кранъ *G* и трубу *G<sub>1</sub>*, вода поступаетъ въ *J* по направлению касательной къ ея внутренней поверхности и проводить тамъ винтовое движение; точно также чрезъ кранъ *H* и трубу *H<sub>1</sub>*, поступаетъ вода въ трубу *H<sub>2</sub>*, при выходѣ изъ которой жидкость подымается вверхъ и, замедляя скорость, освобождается отъ взвѣшенныхъ частей; затѣмъ, чрезъ водосливъ известковое молоко переливается въ сосудъ для смѣшанія. Содовый растворъ изъ части резервуара *A* чрезъ волосянѣе сито *M*, чрезъ рукавъ *M<sub>1</sub>*, поступаетъ въ раздатчикъ соды *D*; выходъ изъ него въ сосудъ для смѣшанія происходитъ чрезъ поворотный кранъ *Q*, управляемый поплавкомъ *R*, находя-

щимся въ распределитель воды. Поднятіе поплавка открывает кранъ  $Q$ , опусканіе—закрываетъ его. Если притокъ слишкомъ великъ, то излишекъ ея отводится изъ водораспределителя особой водосливной трубой. Изъ сосуда для смѣшенія жидкость поступаетъ на встрѣчу винтовому движению воды, выходящей изъ трубы  $G_1$ , и, такимъ образомъ, происходитъ интенсивное смѣшеніе воды съ реактивами въ трубѣ  $J$ ; отсюда вода поступаетъ въ осадочный цилиндръ, а затѣмъ чрезъ водосливъ  $U$  идетъ въ



Черт. 69 а и б.

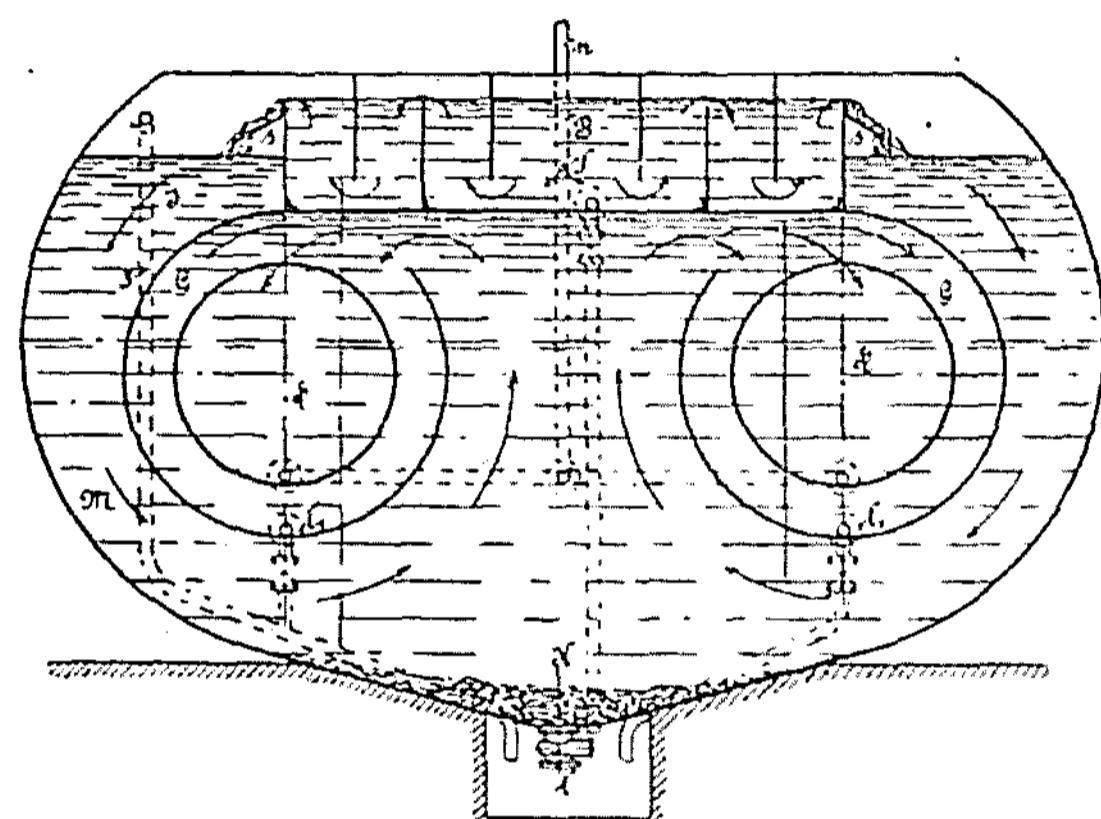
нижнюю часть цилиндра, подъ фильтры изъ песчаника, пройдя которые, вода совершенно очищается и можетъ быть отведена въ мѣста потребленія трубою  $Z$ .

На черт. 69 изображенъ аппаратъ системы «Rottmann». Размеры его частей опредѣляются по тѣмъ же даннымъ, какъ и предыдущихъ аппаратовъ; вода въ немъ подогревается паромъ, приходящимъ въ  $h$  и уходящимъ въ  $f$ ;  $a$ —здесь резервуаръ соды и  $c$ —раздатчикъ ея;  $e$ —сaturаторъ. Въ пространствѣ для смѣшенія воды и реактивовъ между собою помѣщены поперечныя стѣнки для увеличенія эффекта смѣшенія, а въ концѣ его помѣщенъ зубчатый водосливъ съ особымъ желѣзнымъ листомъ.

Затѣмъ вода поступаетъ въ очистительную камеру, которая книзу постепенно суживается и, при перемѣнѣ направлениѣ движенія воды быстро расширяется, уменьшая тѣмъ самыи скорость воды и увеличивая отложеніе нерастворимыхъ соединеній; образовавшійся осадокъ можетъ быть удаленъ чрезъ трубу і съ помощью инжектора. При входѣ во внутренній цилиндръ потокъ воды сжимается, вслѣдствіе чего происходитъ вновь усиленное выдѣленіе осадковъ; прошедшія во внутренній цилиндръ плавающія частицы осаждаются на днѣ его. Отсюда вода подходитъ къ фильтру, расположенному вертикально; такое расположение фильтра, предохраняетъ его отъ засоренія, дѣлаетъ удобнымъ замѣну и пополненіе

фильтрующаго материала и облегчаетъ промывку фильтра обратнымъ токомъ воды чрезъ трубу *K*. Для очищенія большихъ количествъ воды примѣняется конструкція сдвоенного типа (черт. 70). Здѣсь жидкость изъ сосуда для смѣшанія поступаетъ чрезъ водосливы на 2 стороны. Отложившіеся на верхней горизонтальной стѣнкѣ осадки могутъ быть отведены особой трубой.

Регулированіе притекающей



рованія и регулированія работы аппаратовъ. Въ Германіи извѣстны для этой цѣли приборы «Securitas» инженера *Morgenstern'a*, въ Россіи фирма *Борманъ, Шведе и Ко* въ Варшавѣ, также снабжаетъ свои установки лабораторіями и соотвѣтственными инструкціями, которыя и привожу здѣсь (водоочиститель фирмы Борманъ, Шведе и Ко весьма похожъ на аппаратъ системы Desrumaux и отличается отъ него небольшими деталями).

---

## НАСТАВЛЕНИЕ

### для пусканія въ ходъ аппарата системы Борманъ- Шведе и къ уходу за нимъ.

Питаніе аппарата реактивами должно быть производимо ежедневно во время остановки дѣйствія аппарата.

*Когда ходъ аппарата урегулированъ, не слѣдуетъ трогать задвижекъ, регулирующихъ притокъ воды на водяное колесо и въ сатураторъ.*

### Приготовленіе известковаго молока.

Для приготовленія известковаго молока служать два прямоугольныхъ желѣзныхъ ящика, поставленныхъ одинъ надъ другимъ. Въ верхній кладутъ отвѣщеное количество извести, которую гасятъ незначительнымъ количествомъ воды, чтобы получить известковое молоко, которое, по отодвиганіи соотвѣтствующей задвижки, течетъ въ нижній ящикъ.

Изъ послѣдняго помошью особаго ручного насоса известковое молоко вводится въ сатураторъ, причемъ слѣдуетъ предварительно освободить послѣдній отъ остатковъ выщелоченной извести. По снабженіи сатуратора соотвѣтствующимъ количествомъ известковаго молока, въ верхній ящикъ снова кладутъ свѣжую порцію негашеной извести, которую гасятъ, и спускаютъ въ нижній ящикъ, чтобы имѣть, такимъ образомъ, заготовленный свѣжій запасъ известковаго молока.

Дача новой порціи известковаго молока основывается на данныхъ анализа воды, подвергаемой смягченію, а время, въ которое слѣдуетъ повторять вышеописанную манипуляцію, указано въ специальныхъ подробныхъ инструкціяхъ для прислуживающихъ при приборѣ.

Процентное содержаніе даннаго реагтива опредѣляется ареометромъ Бомэ.

Имѣя приготовленный такимъ образомъ растворъ, мы съ помошью ручного насоса перекачиваемъ растворъ въ полукруглый резервуаръ,

стоящій на приборѣ, откуда уже данный реагентъ по мѣрѣ необходимости течетъ въ реакціонную трубу главнаго цилиндра.

*Примѣчаніе.* Полезно два раза въ годъ совершенно опорожнивать сатураторъ, и обмыть его стѣнки сильной струей воды.

## Приготовленіе другихъ реагентовъ.

Встрѣчается иногда вода, очистка которой не можетъ быть произведена при помощи одной только извести, но требуются для этого еще другіе реагенты, напр. углекислый натръ, квасцы, хлористое желѣзо и т. п. Всѣ эти реагенты, напр. въ количествѣ, указанномъ анализомъ, должны быть растворены въ небольшомъ количествѣ горячей воды, и затѣмъ вливаются въ прямоугольный ящикъ (приемникъ реагентовъ), придаваемый специальнно къ каждому прибору. Такъ какъ каждый растворъ, необходимый для очистки воды, вычисляется на основаніи данныхъ анализа воды, то слѣдуетъ къ влитому въ ящикъ крѣпкому раствору прибавлять столько воды, чтобы получить соотвѣтствующее процентное содержаніе реагента въ растворѣ.

## Очистка фильтра.

Фильтръ долженъ быть наполненъ древесной шерстью, а за неимѣніемъ таковой — мелкими древесными стружками. Древесную шерсть и стружки необходимо отъ времени до времени промывать водою, пуская послѣднюю на сѣтку сверху фильтра, причемъ уровень воды въ аппаратѣ необходимо опустить ниже самаго фильтра. Но если, несмотря на промывку фильтра, вода не получается совершенно чистой, необходимо перемѣнить древесную шерсть или стружки.

## Удаленіе осадковъ.

Ежедневно во время остановки дѣйствія прибора слѣдуетъ удалять накопившіеся осадки, получившіеся отъ осѣвшихъ солей, изъ нижней части аппарата. Для этого открываютъ выпускной люкъ постепенно и съ остановками — пока не покажется чистая вода.

## Автоматическая остановка прибора.

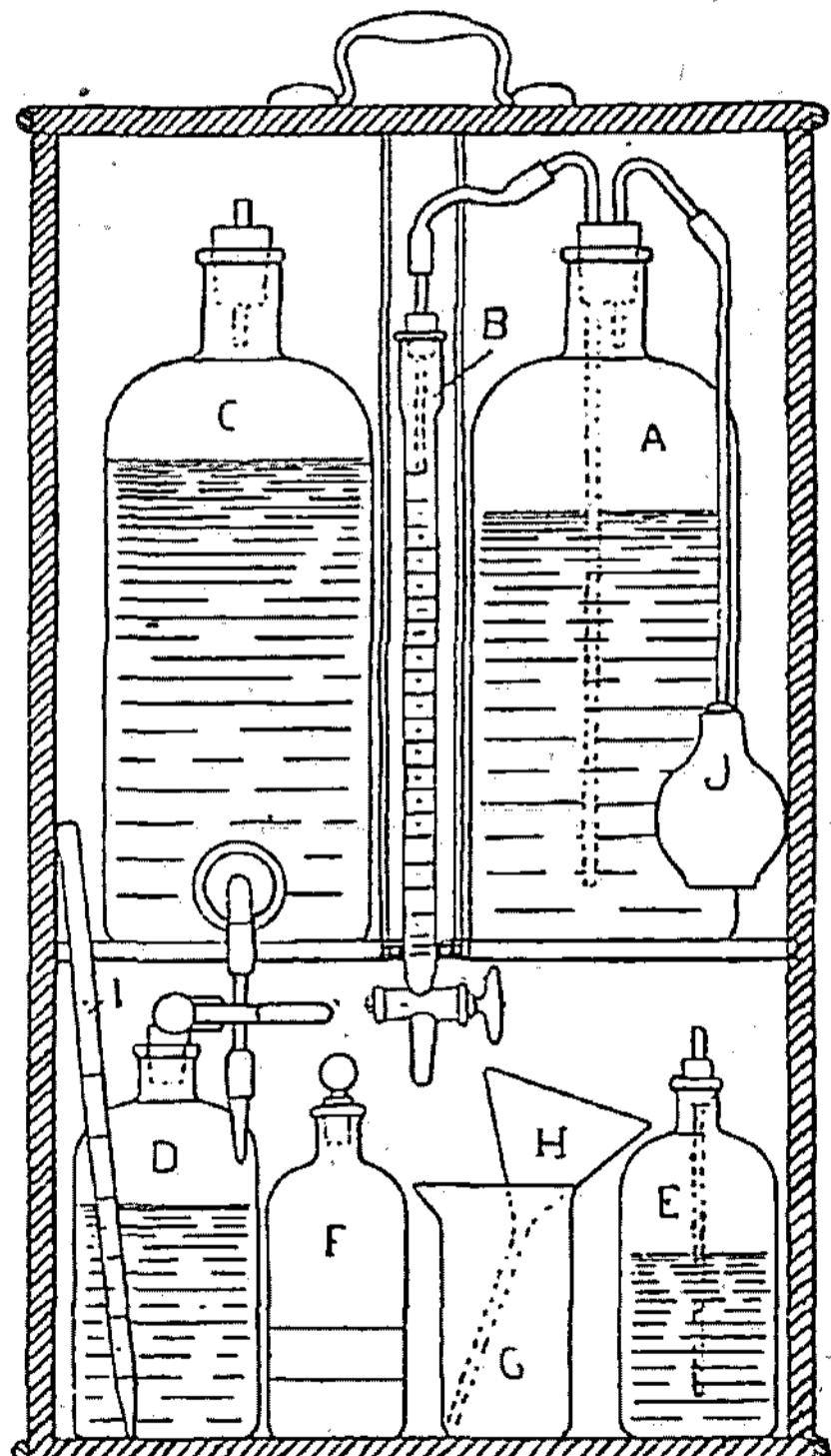
Чтобы аппаратъ дѣйствовалъ правильно и когда нужно, автоматически останавливался, необходимо, дабы расходъ воды былъ нѣсколько меньше производительности аппарата.

**Важное примѣчаніе.** Въ царовыхъ котлахъ щелочность воды должна быть больше ея жесткости. Но, если жесткость воды понизится до нуля, то щелочность ея не должна превышать  $20^{\circ}$ ; въ противномъ случаѣ вода въ котлѣ будетъ пѣниться и паръ будетъ получаться влажнымъ. Если такое явленіе имѣеть мѣсто, то слѣдуетъ продувать котель т. е. выпускать изъ него, подъ давленіемъ пара, нѣсколько воды; такимъ образомъ уменьшается степень насыщенія воды щелочами. Вообще говоря, полезно довольно часто продувать котель независимо отъ степени насыщенія щелочами воды—ради того, чтобы удалить изъ него грязь, которая осаждается изъ накипи, образовавшейся когда паровикъ былъ питаемъ неочищенной водой.

## Приборъ для опредѣленія жесткости воды.

### Описаніе прибора (черт. 71)

- A. Флаконъ съ растворомъ мыла.
- B. Бюretка съ дѣленіями.
- C. Флаконъ съ дистилированной водой.
- D. Флаконъ съ алкалиметрическимъ растворомъ.
- E. Флаконъ съ индикаторомъ.
- F. Флаконъ съ пробкой для испытанія воды.
- G. Стклянка.
- H. Воронка.
- I. Пипетка съ дѣленіями.
- J. Резиновый шаръ для наполненія бюретки.



## Общая инструкція.

Чтобы контролировать на сколько правильно ведется очистка воды, необходимо ежедневно опредѣлять жесткость и щелочность воды, идущей на очистку, какъ равно жесткость известковой воды въ сатураторѣ.

## Определение степени жесткости воды.

Въ стаканку  $G$  набираемъ воды, идущей изъ прибора и сливаемъ ее во флаконъ  $F$  до черты  $100^3$ , бюретку  $B$  наполняемъ жидкостью изъ  $A$  сжатіемъ гуттаперчеваго шара  $J$ . Затѣмъ во флаконъ  $F$  вливаляемъ по каплѣ жидкость изъ бюретки  $B$ , взбалтывая сильно жидкость во флаконѣ послѣ прибавленія каждой капли. Растворъ мыла слѣдуетъ прибавлять до тѣхъ поръ, пока черезъ избалтываніе флакона не образуется въ немъ толстаго слоя пѣны. Количество прибавленной жидкости изъ бюретки опредѣляетъ степень жесткости воды.

## Определение щелочности воды.

Выполоскавъ тщательно флаконъ водою, подлежащею испытанію, наполняютъ его опять той же водою до черты  $100^3$  и прибавляютъ нѣсколько капель изъ индикатора  $E$ . Если вода не подкрасится, то щелочность ея равна нулю, если же приметъ розовую окраску, то при помощи пипетки  $I$  слѣдуетъ прибавить къ ней изъ  $D$  по каплѣ—алкалиметрическій растворъ до тѣхъ поръ, пока окраска не исчезнетъ. Дѣленіе, на которомъ остановится уровень жидкости въ пипеткѣ, укажетъ степень щелочности воды.

## Определение жесткости известковой воды.

Известковую воду беремъ при выходѣ ея изъ сaturатора въ стаканку  $G$ , наполняемъ ею двѣ пипетки  $I$ , т. е. 10 куб. см., и сливаемъ во флаконъ  $F$ , затѣмъ прибавляемъ къ флакону дистилированной воды до черты  $100^3$  и опредѣляемъ жесткость въ порядкѣ указанномъ выше.

Полученную степень жесткости слѣдуетъ умножить на 10.

---

## Общія указанія.

### Поправки на основаніи данныхъ анализа очищенной воды.

Вода хорошо очищенная, не должна имѣть (въ горячемъ состояніи) больше  $5^{\circ}$  жесткости и  $1^{\circ}$ — $2^{\circ}$  щелочности.

Сперва опредѣляемъ степень жесткости воды, а затѣмъ степень щелочности ея, причемъ слѣдуетъ обратить вниманіе на слѣдующіе случаи:

- I. Степень жесткости воды не выше  $5^{\circ}$ .
- А. Степень щелочности не превышаетъ  $1^{\circ}$ — $2^{\circ}$ .
- Вода хорошо очищена.

B. Степень щелочности выше  $2^{\circ}$ .

Очищенная вода содержитъ чрезчуръ много соды, слѣдуетъ уменьшить процентное содержаніе раствора соды.

II. Степень жесткости больше  $5^{\circ}$ .

C. Степень щелочности  $0^{\circ}$ .

Очищенная вода содержитъ слишкомъ мало извести и соды, слѣдуетъ увеличить притокъ известковой воды и увеличить процентное содержаніе соды въ растворѣ.

D. Степень щелочности выше  $0^{\circ}$ , но ниже предписанного:

Тогда недостаетъ только извести, слѣдуетъ увеличить притокъ известковой воды.

E. Степень щелочности выше предписанной, но ниже степени жесткости:

Въ этомъ случаѣ существуетъ лишь избытокъ въ притокѣ известковой воды и слѣдуетъ уменьшить притокъ ея.

F. Степень щелочности выше степени жесткости:

Это—признакъ избытка известковой воды и раствора соды, слѣдуетъ уменьшить притокъ известковой воды и уменьшить процентное содержаніе соды въ растворѣ.

## Поправки въ случаѣ мутной воды, подвергающейся очисткѣ.

Если очищенная вода мутна, какъ напр. рѣчная или прудовая, то для полученія прозрачной воды слѣдуетъ употребить полуторахлорное желѣзо или же сѣрнокислый глиноземъ въ отношеніи отъ 25—100 гр. на  $1m^3$ .

Въ этомъ случаѣ слѣдуетъ увеличить и содержаніе соды въ растворѣ.

## Поправка въ реактивахъ.

Известковая вода должна быть всегда насыщенной или же имѣть  $200^{\circ}$  жесткости, можетъ однако колебаться въ границахъ отъ  $180^{\circ}$  до  $210^{\circ}$  при температурѣ, не превышающей  $35^{\circ}C$ ; если температура известковой водой выше, то ея жесткость можетъ доходить до  $150^{\circ}$ .

## Поправка на основаніи данныхъ анализа очищенной воды, взятой изъ паровыхъ котловъ.

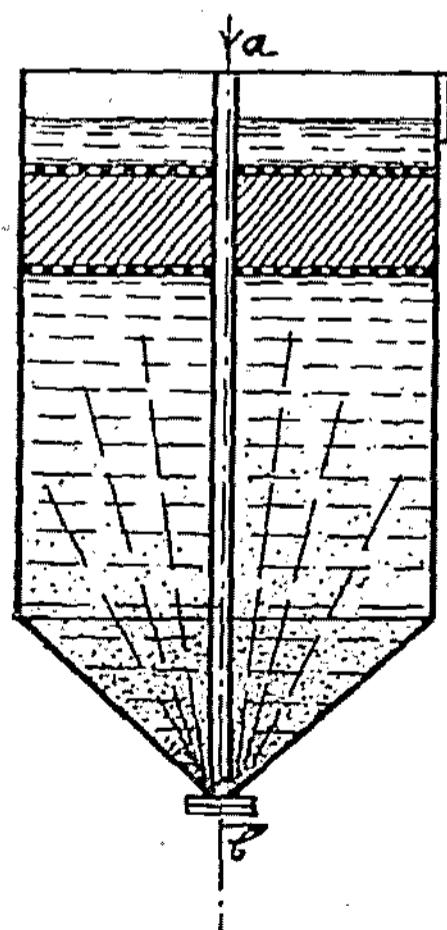
Ввиду того, что окончательныя реакціи происходятъ въ очищенной водѣ въ паровомъ котлѣ, слѣдуетъ отъ времени до времени анализировать воду, взятую изъ котла, на жесткость и щелочность.

Общее правило—такое, что вода въ котль должна имѣть степень жесткости ниже степени щелочности; если же степени жесткости и щелочности возрастаютъ въ одинаковой мѣрѣ, то это служить доказательствомъ, что очищенная вода содержитъ слишкомъ много извести, если же возрастаетъ только степень жесткости—слѣдуетъ увеличить притокъ известковой воды и увеличить содержание соды въ растворѣ, и, наконецъ, если возрастаетъ только степень щелочности, то это указываетъ на то, что очищенная вода содержитъ излишекъ соды.

Наивысшая допустимая степень щелочности— $25^{\circ}$  при  $4^{\circ}$ — $5^{\circ}$  жесткости, если же степень жесткости понизится до  $0^{\circ}$ , то не слѣдуетъ допускать степени щелочности большей  $20^{\circ}$ , такъ какъ, при несоблюдении этого условія, вода сильно пѣнится и паръ получается влажнымъ. Для достиженія вышеупомянутой цѣли слѣдуетъ *безусловно ежедневно* выпускать изъ котла нѣкоторое количество воды для отвода грязи и солей, которые окончательно осаждены водой при высокой температурѣ ея въ котлѣ.

## Очистка воды известью и углекислымъ баріемъ.

Для очистки жесткихъ водъ примѣняется также углекислый барій въ соединеніи съ обожженной известью. Хотя употребляемый въ практикѣ углекислый барій нерастворимъ въ водѣ, но, приготовленный особымъ патентованнымъ способомъ, онъ имѣетъ свойство вступать въ обмѣнное



Черт. 72.

разложеніе съ растворенными солями; при этомъ свободная, а также связанная сѣрная кислота, находящіяся въ водѣ, вступаютъ въ химическое взаимодѣйствіе съ углекислымъ баріемъ, а сѣрнокислый кальцій который и образуетъ главнымъ образомъ котельный камень, переводится въ углекислый кальцій и сѣрнокислый барій, согласно уравненіямъ:



и обѣ эти нерастворимыя соли осаждаются на дно.

Схема аппаратовъ для этой очистки изображена на черт. 72: трубка *ab* служить для привода воды, подлежащей очисткѣ; вверху осадочного цилиндра находится фильтръ; реактивы засыпаются прямо въ цилиндръ. Углекислый барій можетъ быть заложенъ въ избыtkѣ, такъ какъ растворяется онъ лишь въ количествѣ, необходимомъ для образова-

нія сърнокислыхъ соединеній. Если въ водѣ имѣется двууглекислый кальцій, то примѣняется какой либо изъ описанныхъ сатураторовъ. Примѣняемый здѣсь фильтръ служить также для задержанія встрѣчающихся въ водѣ масла и желѣза.

Этотъ способъ очищенія возможенъ при различныхъ температурахъ, но для экономіи лучше примѣнять подогреваніе паромъ: свѣжимъ или отработавшимъ. Эти аппараты отличаются большой простотой конструкціи и удовлетворительностью работы.

## Расходы по химической очисткѣ воды.

Чтобы судить о выгодности того или другого способа очистки воды, не считая амортизационныхъ расходовъ, можно руководствоваться слѣдующими цѣнами на реактивы:

въ Германіи (W. Rottmann Untersuchung und Verbesserung des Wassers стр. 153) при большихъ закупкахъ стоять:

100 килограммовъ извести . . . . .	8—10 марокъ (3,75—4,70 р.)
100 " соды . . . . .	12 " (5,70 р.)
100 " барита . . . . .	30—40 " (14—19 р.)
100 " каустической соды . . . . .	25—30 " (12—14 р.)

Въ Россіи:

1 пудъ извести . . . . .	12—30 коп.
1 " соды . . . . .	1 р. 10 к.—1 р. 50 к.
1 " Ѣдкаго натра . . . . .	2 р. 70 "

Что же касается дѣйствительныхъ расходовъ на реактивы, отнесенныя на единицу объема воды, то они, конечно различны, въ зависимости отъ качества и количества очищаемыхъ водъ. У насъ въ Россіи, на Владикавказской жел. дорогѣ, при очищеніи воды, известью и содой въ аппаратахъ Дериюмо стоимость очистки 1 куб. саж. колеблется отъ 24 до 49 копѣекъ \*); на ст. Джабель Среднеазіатской желѣзной дор. при очисткѣ водъ жесткостью въ 30° нѣмецкихъ аппаратомъ Гинсбурга на реактивы расходуется около 32 коп. на 1 кб. саж. очищеної воды. На франпузской Сѣверной дорогѣ стоимость на реактивы колеблется между 0,4 и 3,8 франками на каждые 100 куб. метровъ очищаемой воды. Въ Англіи на ст. Western Wyoming жел. дор. Fossil производится очистка воды известью и содой съ подогреваніемъ растворовъ реактивовъ паромъ; рас-

\*) 24 копѣйки на ст. «Двойная»; водоснабженіе изъ 4 колодцевъ съ жесткостью воды въ 51,1°, 25,5°, 32° и 35°; 49 коп.—на ст. Тихорѣцкая, гдѣ жесткость воды колеблется отъ 58° до 90°.

ходъ по очисткѣ выражается 7—8 копѣйками на 1 куб. метръ очищенной воды.

Ко всѣмъ этимъ текущимъ расходамъ необходимо прибавлять около 10%, на возобновленіе стружекъ фильтра, содержаніе лабораторіи, ремонтъ водоочистителя и т. д.

Затраты на устройство и установку аппаратовъ весьма различны и зависятъ отъ системы аппарата, качества воды и, главное, отъ расхода воды въ сутки, такъ напримѣръ, аппаратъ системы Гинсбурга съ суточной производительностью въ 30 куб. саж. стоить 16.000 рублей, да пристройка къ водоемному зданію, въ которой помѣщается аппаратъ, стоитъ около 6.000 рублей. Вообще же для опредѣленія точной стоимости очистки 1 куб. саж. воды необходимо къ стоимости реактивовъ и ремонта прибавлять около 5% дохода на амортизационный капиталъ и около 5%—10% погашенія его.

Въ заключеніе привожу примѣрный подсчетъ стоимости очистки воды химическимъ путемъ на ст. Тихорѣцкая (по даннымъ химика Владикавказской жел. дороги г. Ротштейна): постановленные на ст. Тихорѣцкая водоочистители стоили около 20.000 рублей; зданіе съ 2-мя баками по 20 куб. саж. каждый и 10"—нагнетательными и раздаточными трубами обошлось въ 28.000 рублей; собственно на зданіе для водоочистителей слѣдуетъ считать 12.000 рублей. Все оборудование обошлось въ 32.000 руб. Принимая для дѣйствующаго на холоду аппарата долговѣчность службы въ 15 лѣтъ (возможно, что они могутъ служить болѣе значительный срокъ), ежегодная амортизациѣ составить 2.200 руб. Ремонтъ обоихъ аппаратовъ, по даннымъ 3-хъ лѣтней эксплоатациѣ—600 рублей. Содержаніе штата обходится 864 рубля. Вывозъ осадковъ, образующихся при очисткѣ воды обходится 900 рублей въ годъ. Такъ что общій расходъ въ годъ, не считая реактивовъ,—4.564 рубля. Оба аппарата разсчитаны на очистку не менѣе 108 куб. саж. въ сутки, въ годъ— $108 \times 360 = 38.800$  куб. саж., такъ что на одинъ кубъ приходится  $\frac{4564}{38800} = 12$  коп.; стоимость реактивовъ—49 коп. на 1 куб. саж. и, слѣдовательно, общій расходъ на 1 кб. саж. будетъ  $12+49=61$  коп.

## Озонованіе воды.

Озонъ, открытый Шенбейномъ въ 1840 г., представляетъ особенное видоизмененіе кислорода, отличающееся характернымъ запахомъ и энергичностью химического дѣйствія. Онъ образуется изъ кислорода при весьма разнообразныхъ условіяхъ, являясь почти всегда тамъ, где выдѣляется свободный кислородъ, или где кислородъ участвуетъ въ реакціи. Такъ онъ образуется при медленномъ окисленіи влажнаго фосфора и

скипидара, при дѣйствіи, такъ называемаго, тихаго разряда электричества, при пропускании гальваническаго тока чрезъ подкисленную воду и при разложеніи перекисей. Но какой бы способъ не примѣнялся, никогда весь кислородъ не переходитъ въ озонъ, а превращенію подвергается только часть его, не больше 5—6 процентовъ \*).

Наиболѣе удобнымъ способомъ полученія озона изъ перечисленныхъ выше способовъ будетъ полученіе его дѣйствіемъ тихаго разряда электрическаго тока высокаго напряженія на кислородъ или воздухъ.

Опыты Dr. Ohlmüller'a надъ дѣйствіемъ озона на воду показали, что онъ убиваетъ заключающіяся въ ней бактеріи, если вода не особенно загрязнена органическими примѣсями; кроме того озонъ дѣйствуетъ на желѣзистыя воды, вполнѣ замѣняя обвоздушиваніе воды (стр. 28) и особенно полезенъ тогда, когда вода содержитъ стойкія соединенія же-лѣза. Дѣйствіе озона, какъ окислителя, заключается въ томъ, что при соприкосновеніи съ тѣломъ, способнымъ окисляться, онъ превращается въ обыкновенный кислородъ, производя при этомъ сильное окисленіе. Въ водѣ онъ растворяется съ трудомъ: при дѣйствіи его на воду въ ней остается столько же кислорода, какъ и при обыкновенной реакціи (стр. 27).

Для стерилизациіи воды озономъ примѣняютъ обыкновенно озонован-  
ный атмосферный воздухъ съ содержаніемъ 5—10 миллиграммовъ озона  
на 1 літръ воздуха. Самый процессъ озонованія воды состоить въ полу-  
ченіи тока, озонованіи атмосфернаго воздуха и затѣмъ смѣшиванія атмо-  
сфернаго воздуха съ водою.

Электрическій токъ, необходимый для озонованія воздуха, какъ по-  
казали опыты, долженъ быть переменный (при пользованіи постояннымъ  
токомъ необходимъ коммутаторъ), высокаго напряженія (отъ 8 000 —  
40.000 вольтъ), чтобы побѣждать сопротивленіе воздуха; между электро-  
дами должны быть помѣщены діэлектрики (напр. стекло) для предупре-  
жденія образования искръ и короткихъ замыканій.

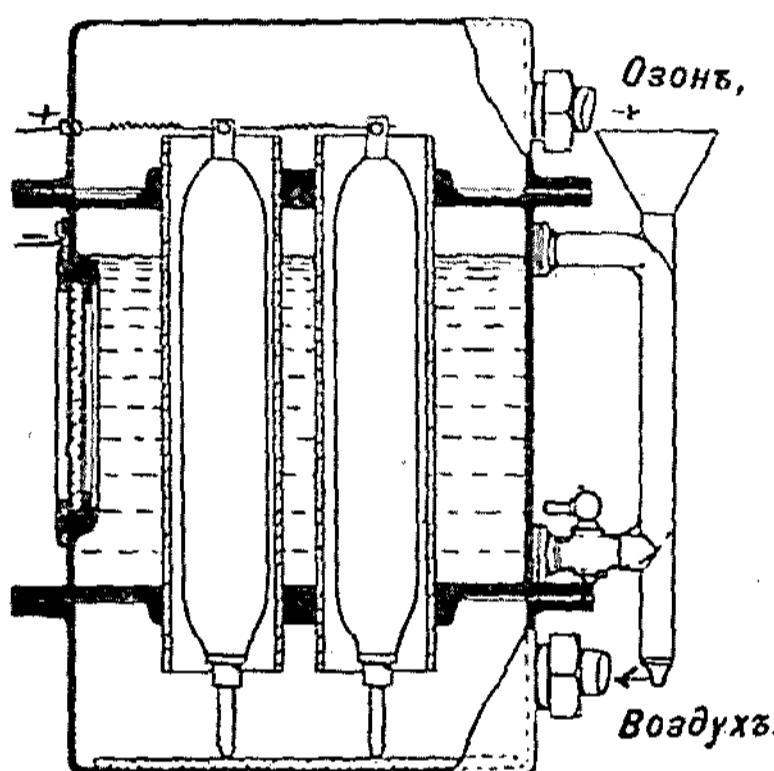
Озонаторы, т. е. приборы для изготавленія озона путемъ озонованія  
атмосфернаго воздуха, имѣются въ практикѣ нѣсколькихъ системъ; во  
всѣхъ изъ нихъ атмосферный воздухъ, предварительно высушенный, под-  
вергается дѣйствію тихаго электрическаго разряда, причемъ въ озонато-  
рахъ поддерживается низкая температура, для чего части ихъ омываются  
все время холодной циркулирующей водой. (По опытамъ на озонной  
станціи въ городѣ Cosne на рѣкѣ Loire'ѣ установлено, что воздухъ по-  
ступаетъ въ озонаторы при температурѣ  $2^{\circ}$  —  $2,5^{\circ}$ , а выходитъ съ темпе-  
ратурой  $11^{\circ}$  —  $13^{\circ}$ ).

\* ) Наилучшіе озонаторы даютъ 12—13 граммовъ озона на 1 літръ воздуха или  
на 300 граммовъ кислорода, заключающагося въ 1 літръ воздуха.

Отдѣльный озонаторъ, примѣненный фирмой *Siemens & Halske* въ Падеборнѣ представленъ на черт. 73: воздухъ поступаетъ снизу и проходитъ чрезъ трубки (эти трубки дѣлаются или обѣ изъ стекла и тогда онъ обкладывается стапіолемъ: наружная снаружи, внутренняя изнутри, или внутренняя дѣлается изъ металла, а наружная изъ стекла; внутренняя трубка соединена съ однимъ полюсомъ переменнаго тока высокаго напряженія; другой полюсъ переменнаго тока соединенъ съ водою, омымающей наружную трубку озонатора, а чрезъ воду—съ землею), между которыми безпрерывно происходитъ тихое съ голубоватымъ свѣтомъ разраженіе тока высокаго напряженія. При проходѣ трубокъ воздухъ озонается, причемъ трубки все время охлаждаются циркулирующей вокругъ

нихъ холодной водой. Для болѣе успѣшнаго озонованія (во избѣжаніе образования искръ) воздухъ предварительно высушивается въ осушителѣ, наполненномъ хлористымъ кальціемъ и подъ небольшимъ давленіемъ вводится въ аппаратъ. Согласно Ридалю наиболѣе благопріятная температура при образованіи озона въ озонаторѣ  $-+ 24^{\circ}$ .

Батарея озонаторовъ системы Dr. *Otto* изображена на черт. 74 (Le Génie Civil № 1381, 1908); каждая батарея изъ примѣненныхъ г. *Otto* въ Шартрѣ состоитъ изъ стекляннаго ящика - клѣтки размѣрами  $2 \times 1 \times 2$  метра; внутри ея помѣщаются 5 элементовъ—озонаторовъ, изъ которыхъ каждый состоитъ изъ 3-хъ чугунныхъ полыхъ внутри досокъ; средня изъ нихъ *g* соединена съ полюсомъ трансформатора съ напряженіемъ въ 20.000 вольтъ, а боковыя *f*, *f* соединены съ землей (соединенія эти достигаются непрерывной циркуляціей воды внутри чугунныхъ досокъ, чѣмъ вызывается также охлажденіе аппаратовъ). Между этими 3-мя чугунными досками расположены 4 стеклянныхъ пластинки *a*, *a*, на поверхности которыхъ наклеены листы олова. Двѣ наружныя стеклянныя пластинки *a*, *a* и чугунные доски *f*, *f*, соединенные съ землей, имѣютъ въ центрѣ дыры для выпуска озонированаго воздуха. Воздухъ, взятый снаружи, скать въ стеклянномъ ящикѣ электрическимъ вентиляторомъ; этотъ воздухъ подъ вліяніемъ тихаго разряда, происходящаго между стеклянными пластинками *a*, *a*, озонается, т. е. часть содержащагося въ немъ кислорода переводится въ озонъ, и затѣмъ онъ выходитъ по трубкамъ *T<sub>1</sub>* и *T<sub>2</sub>* подъ существующимъ въ клѣткѣ давленіемъ въ сборную трубку. Средня чугунная доска, какъ сказано выше, пуста внутри и въ ней циркулируетъ вода подъ токомъ съ



Черт. 73.

напряженіемъ въ 20.000 вольтъ; эта вода поступаетъ въ доску  $g$  по трубѣ  $r$  изъ расположеннаго вверху клѣтки на 3-хъ фарфоровыхъ изоляторахъ резервуара  $r$ , въ которомъ вода держится подъ напряженіемъ въ 20.000 вольтъ. Выходящая изъ доски  $g$  вода отводится особою трубою въ бакъ, расположенный внизу стеклянной клѣтки; въ чугунныхъ доскахъ  $f, f$  также циркулируетъ вода; поступаетъ она въ доски  $f, f$  по трубкѣ  $h$ , а отводится, какъ и изъ средней доски  $g$ , въ бакъ, расположенный внизу клѣтки. Количество прибывающей для охлажденія воды регулируется кранами  $x, x$  (черт. 74).

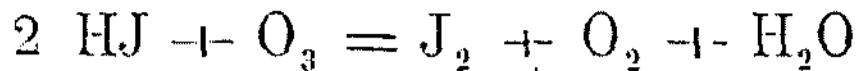
Описанный озонаторъ Otto имѣеть, какъ видно изъ описанія, діэлектрикъ. Кроме того, существуетъ еще озонаторъ Otto безъ діэлектрика, который представляеть изъ себя металлическій цилиндръ, чрезъ который пропускается воздухъ, подлежащій озонованію. Внутри цилиндра расположень рядъ металлическихъ дисковъ, скрѣпленныхъ валомъ, расположеннымъ по оси цилиндра. Внутренняя стѣнка цилиндра соединена съ однимъ полюсомъ тока высокаго напряженія, а другой полюсъ соединенъ съ валомъ, составляющимъ ось дисковъ; стѣнка цилиндра сверхъ того соединена съ землею. Диски вала по краямъ имѣютъ рядъ вырезовъ и отстоять отъ внутренней поверхности цилиндра на 1 сантиметръ. Во время работы озонатора валъ съ дисками приводится во вращеніе.

Озонаторъ системы Frise имѣеть видъ полуцилиндра, лежащаго горизонтально; полуцилиндръ сдѣланъ изъ металла; желобъ полуцилиндра прикрыть сверху стеклянною доскою; пространство полуцилиндра, имѣюще такімъ образомъ отчасти металлическія, отчасти стеклянныя стѣнки, предназначается для озонованія воздуха. Озонаторъ помѣщенъ въ особый футляръ, по которому циркулируетъ охлаждающая озонаторъ вода. Къ стеклянной доскѣ полуцилиндра, перпендикулярно къ ней и къ оси цилиндра, внутри его, прикрѣплены на равныхъ разстояніяхъ металлическіе полудиски, окружность которыхъ имѣеть выступы. Радиусъ полудисковъ меньше радиуса полуцилиндра и между стѣнками полуцилиндра и окружностью дисковъ имѣется промежутокъ въ 6 сантиметровъ. Каждый полудискъ представляетъ отдельный электродъ; другимъ электродомъ, соединеннымъ съ землею, служить внутренняя металлическая стѣнка полуцилиндра. Между этими электродами происходятъ электрические разряды, озонирующіе проходящій здѣсь воздухъ.

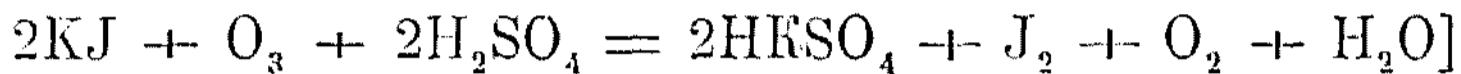
Кромѣ перечисленныхъ системъ озонаторовъ известны еще озонаторы системы Мармье и Абрама (Marmier et Abraham), и озонаторы Фосмаера (Vosmaer).

Для опредѣленія количества озона, вырабатываемаго озонаторомъ, пользуются его свойствомъ окислять юдоводородъ съ выдѣленіемъ юда,

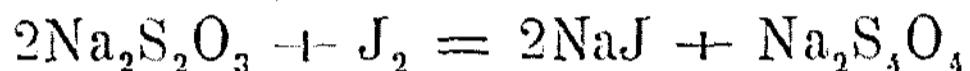
причём каждая молекула озона выделяет 2 атома ёода, согласно уравнению



Чтобы определить процентное содержание озона въ воздухѣ, покидающемъ озонаторъ, пропускаютъ известное его количество чрезъ банку, наполненную до половины растворомъ юдовородной кислоты [или что все равно—юдистаго калія и сърной кислоты, что явствуетъ изъ уравненія:



причёмъ выдѣлившійся ѿдъ опредѣляется титрованіемъ сърноватистокислымъ натріемъ по слѣдующему уравненію:



Для удобства титръ сърноватистокислого натрія устанавливается такъ, чтобы 1 куб. сант. его содержалъ  $\frac{158}{127} \times 5,3 = 6,583$  миллигр.  $\text{S}_2\text{O}_3\text{Na}_2$ ,ными словами отвѣчалъ бы 5,3 миллиграммамъ ѿда, т. е. 1 миллиграмму озона (это слѣдуетъ изъ того, что молекулярный вѣсъ  $\text{J}_2 = 127 \times 2 = 254$  и  $\text{O}_3 = 16 \times 3 = 48$ , а потому  $\frac{254}{48} = 5,3$ ); при такомъ титрѣ количество израсходованныхъ кубическихъ сантиметровъ раствора сърноватистокислого натрія ( $\text{S}_2\text{O}_3\text{Na}_2$ ) на то, чтобы обеззвѣстить растворъ, находящейся въ банкѣ жидкости, т. е. юдовородной кислоты или юдистаго калія и сърной кислоты, равняется количеству миллиграммовъ озона, содержащагося въ изслѣдуемомъ объемѣ озонованного воздуха.

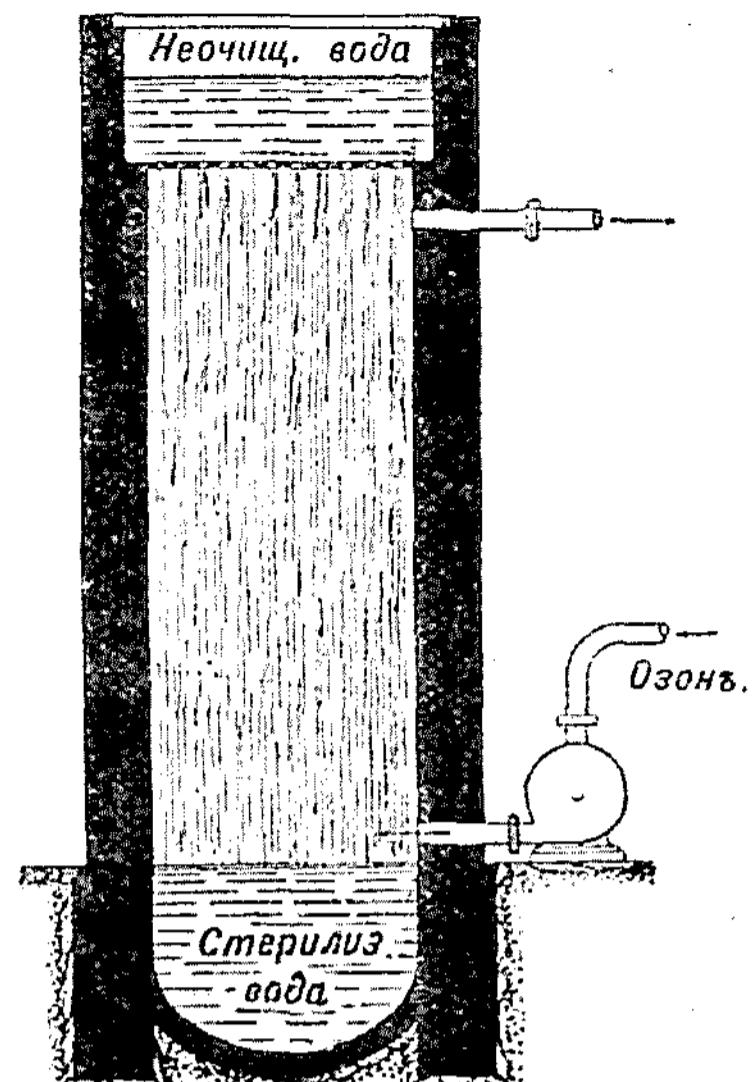
Что касается устройствъ, въ которыхъ вода и озонованный воздухъ смѣшиваются между собою, т. н. стерилизаторы, то для этого существуютъ различные способы, а именно:

1) Воду въ видѣ дождя пропускаютъ чрезъ озонованный воздухъ (черт. 75). Этотъ способъ былъ патентованъ въ Америкѣ въ 1872 году и даль плохіе результаты. Попытки примѣненія его были также въ 1895 году, но безъ успѣха.

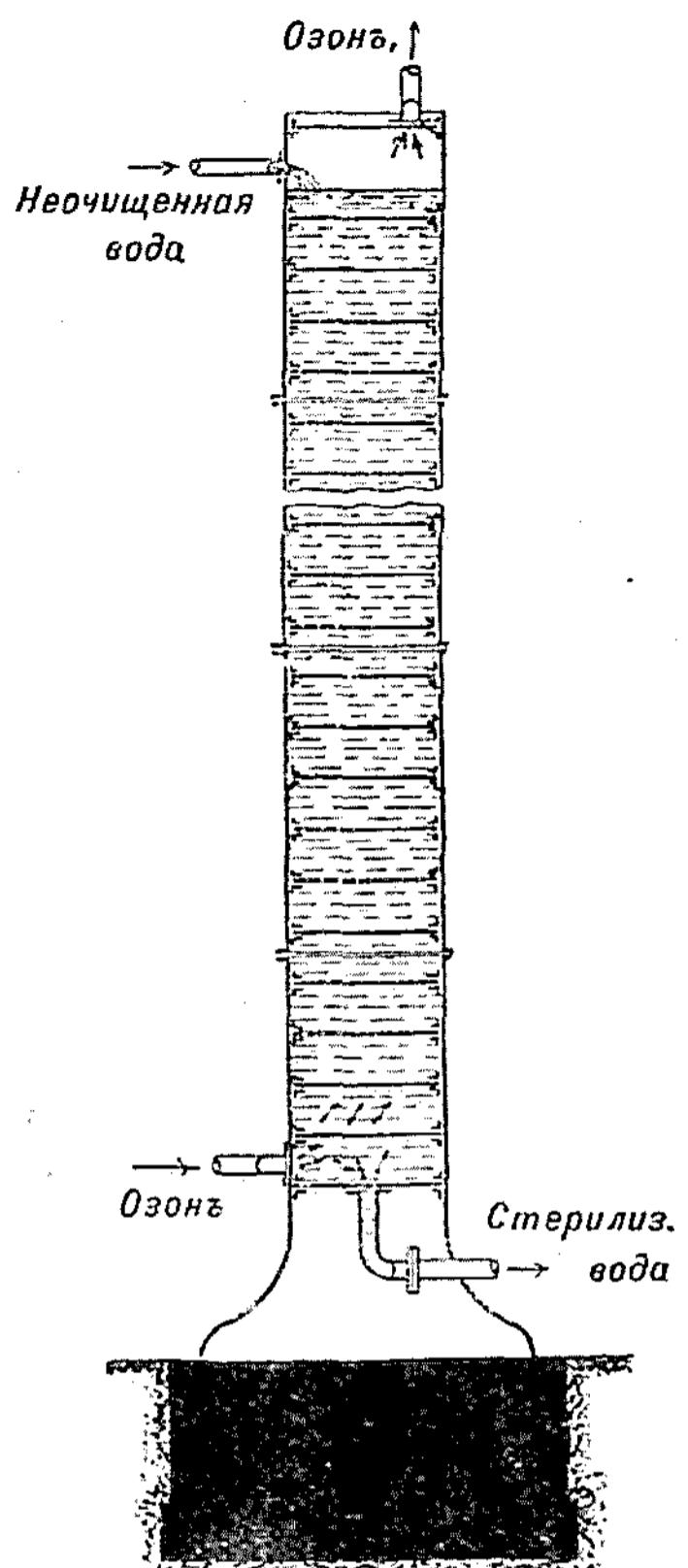
2) Къ этой же эпохѣ относится способъ пропусканія воды и воздуха вмѣстѣ чрезъ колонну изъ целлулоидныхъ ситъ (черт. 76). Колонна составлена изъ чугунныхъ эмалированныхъ звеньевъ около 1 метра діаметромъ и 0,5 метра высотой, а сита представляютъ діафрагмы, причемъ сплошныя мѣста одной діафрагмы находятся подъ продырявленными мѣстами другой, расположенной выше діафрагмы. Въ стерилизаторѣ Тиндаля вода и озонованный воздухъ вводятся снизу колонны.

3) Для этой же цѣли примѣняются эмульсаторы Otto (черт. 77)—это особые водоструйные приборы—инжекторы. Каждый эмульсаторъ состоитъ изъ 2-хъ коническихъ трубочекъ, вставленныхъ одна въ другую съ небольшимъ промежуткомъ; по этимъ трубочкамъ подъ некоторымъ

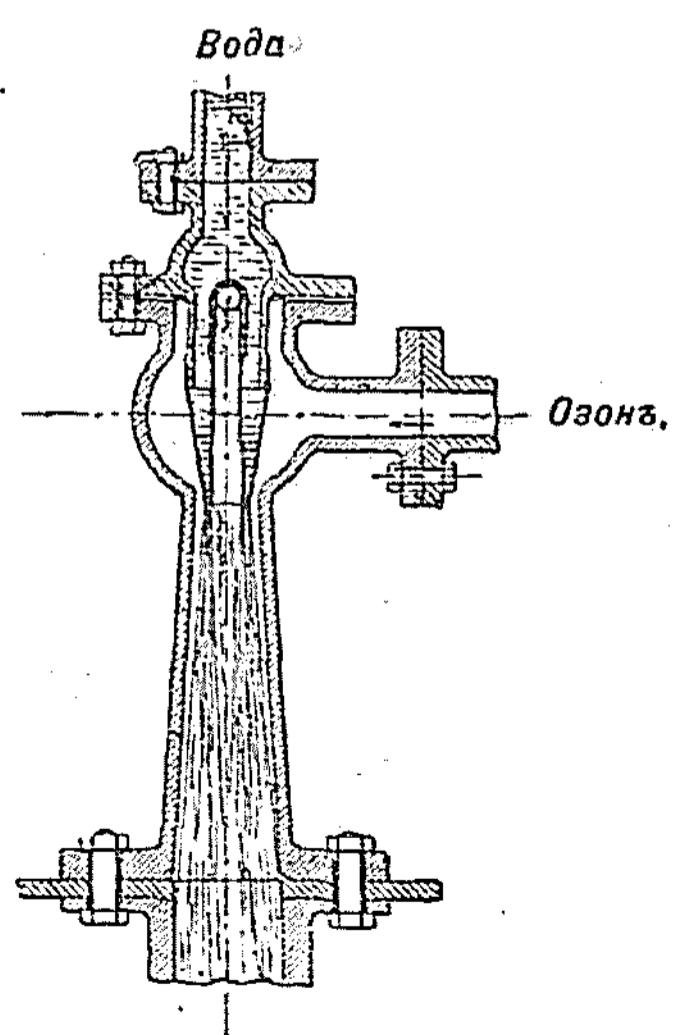
напоромъ поступаетъ вода, а озоновапный воздухъ всасывается по боковой горизонтальной трубѣ. Такимъ образомъ получается эмульсія воды и воздуха; смѣшиваніе ихъ происходитъ столь энергично, что вода моментально стерилизуется. Озонъ слѣдуетъ употреблять съ избыткомъ, который здѣсь не только не вреденъ, но служить указателемъ хорошей и полной стерилизациі.



Черт. 75.



Черт. 76.

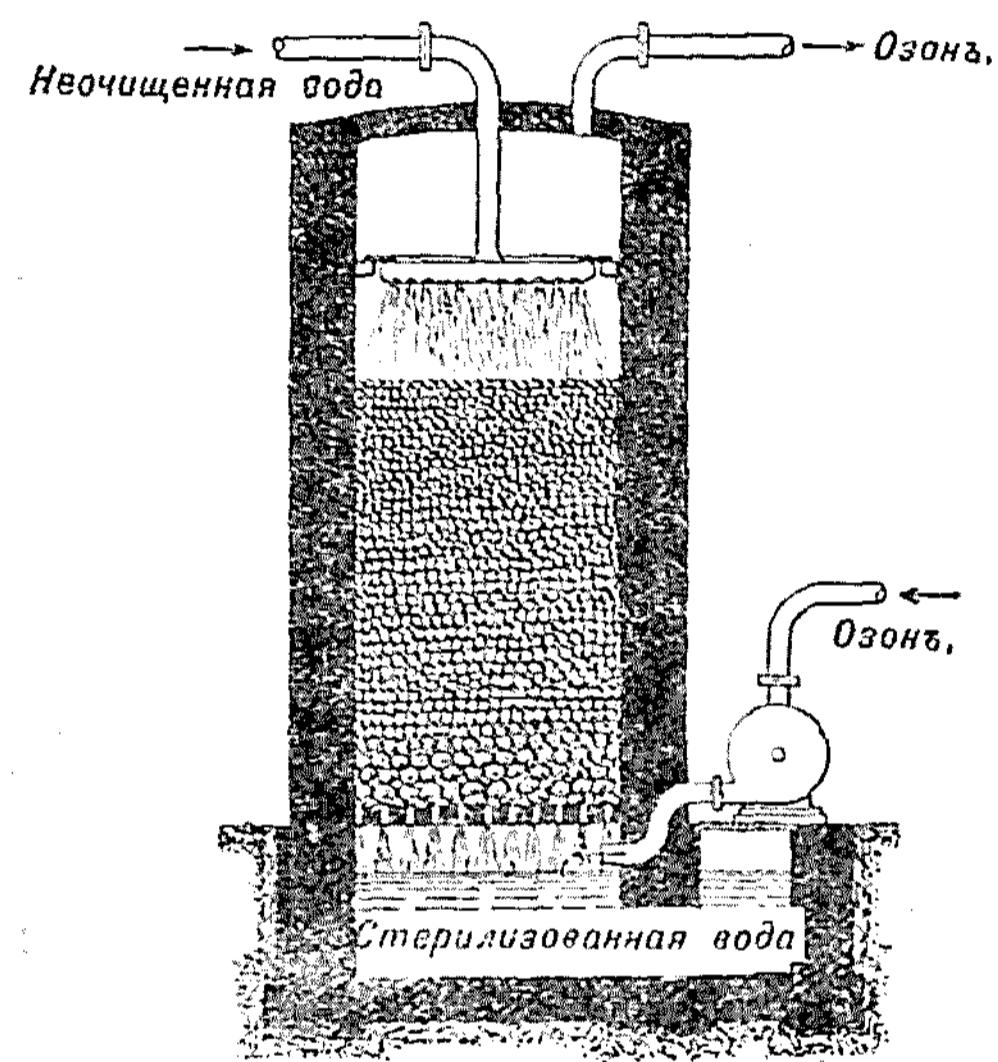


Черт. 77.

перемѣщается въ ней снизу въ верхъ (черт. 78). Такимъ образомъ, Dr. Otto достигаетъ двойного контакта воды и воздуха, чѣмъ обеспечивается болѣе совершенная утилизациѣ озона.

Въ практикѣ имѣется теперь много инсталляцій для озонованія воды, какъ напр., въ Висбаденѣ, Падеборнѣ, Парижѣ, Ниццѣ, Шартрѣ, Сулинѣ и т. д.

Чертежи 79 и 80 представляютъ установку въ Падеборнѣ: находящійся въ шахтѣ насосъ поднимаетъ воду изъ колодца и нагнетаетъ её въ резервуаръ высокаго уровня, изъ котораго она поступаетъ на стерилизационныя колонны; это каменные башни, наполненные мелкимъ кам-



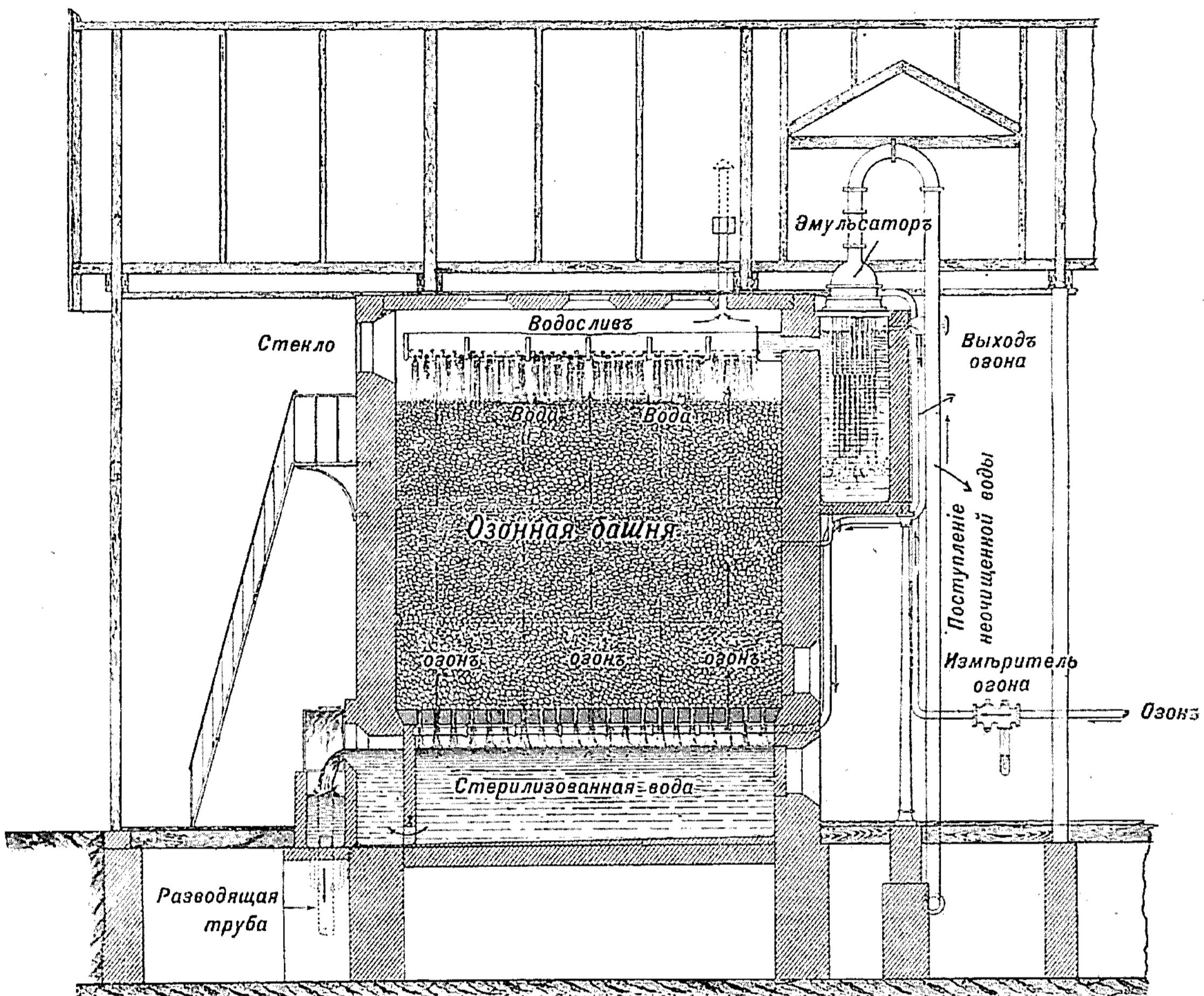
Черт. 78.

немъ, который вода проходитъ сверху внизъ, а ей навстрѣчу подымается озонъ, который вырабатывается озонаторами типа черт. 73. Для полученія тока высокаго напряженія установленъ трансформаторъ. Вверху стерилизационныхъ колоннъ собирается воздухъ, содержащий неиспользованный озонъ, который отсюда отводится обратно къ озонаторамъ; внизу башенъ, въ особомъ резервуарѣ, собирается чистая вода, которая затѣмъ каскадами спускается въ резервуаръ для очищенной воды, проходя такимъ путемъ процессъ аэраціи; отсюда стерилизованная вода поступаетъ

къ мѣстамъ потребленія. Эта инсталляція устроена фирмой Siemens und Halske. Озонаторъ, изображенный на черт. 73, работаетъ электрическимъ токомъ съ напряженіемъ въ 8000 вольтъ, при потребной силѣ 1 НР.; онъ доставляетъ 13,5 — 27 граммовъ озона въ часъ, что въ 24 часа можетъ обслуживать населеніе въ 2400—4800 человѣкъ при среднемъ суточномъ потребленіи на человѣка 100 литровъ (8 ведеръ) воды.

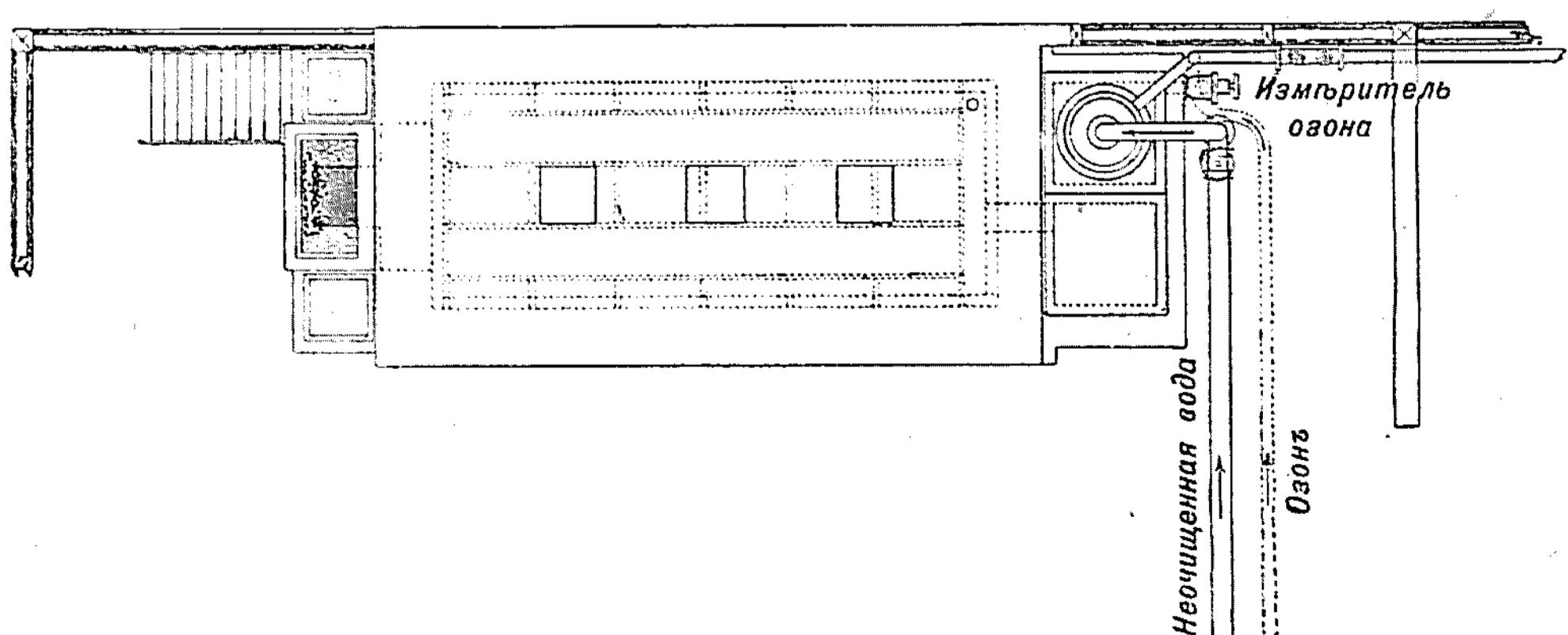
На черт. 81 и 82 изображенъ продольный разрѣзъ и планъ проекта инсталляціи для Парижской Usine de St. Maur; здѣсь дѣйствіе эмульсатора соединено съ дѣйствіемъ стерилизационной колонны или галереи. Эмульсаторъ состоитъ изъ 100 трубокъ; чрезъ каждую изъ нихъ въ часъ проходитъ 1 куб. метръ воды, такъ что общая часовая производительность эмульсатора = 100 куб. метрамъ; по этому проекту стерилизационная колонна имѣть высоту отъ 1—4 метровъ въ зависимости отъ мѣстныхъ условій. Первый контактъ воды и озонированного воздуха происходитъ

Продольный разрезъ



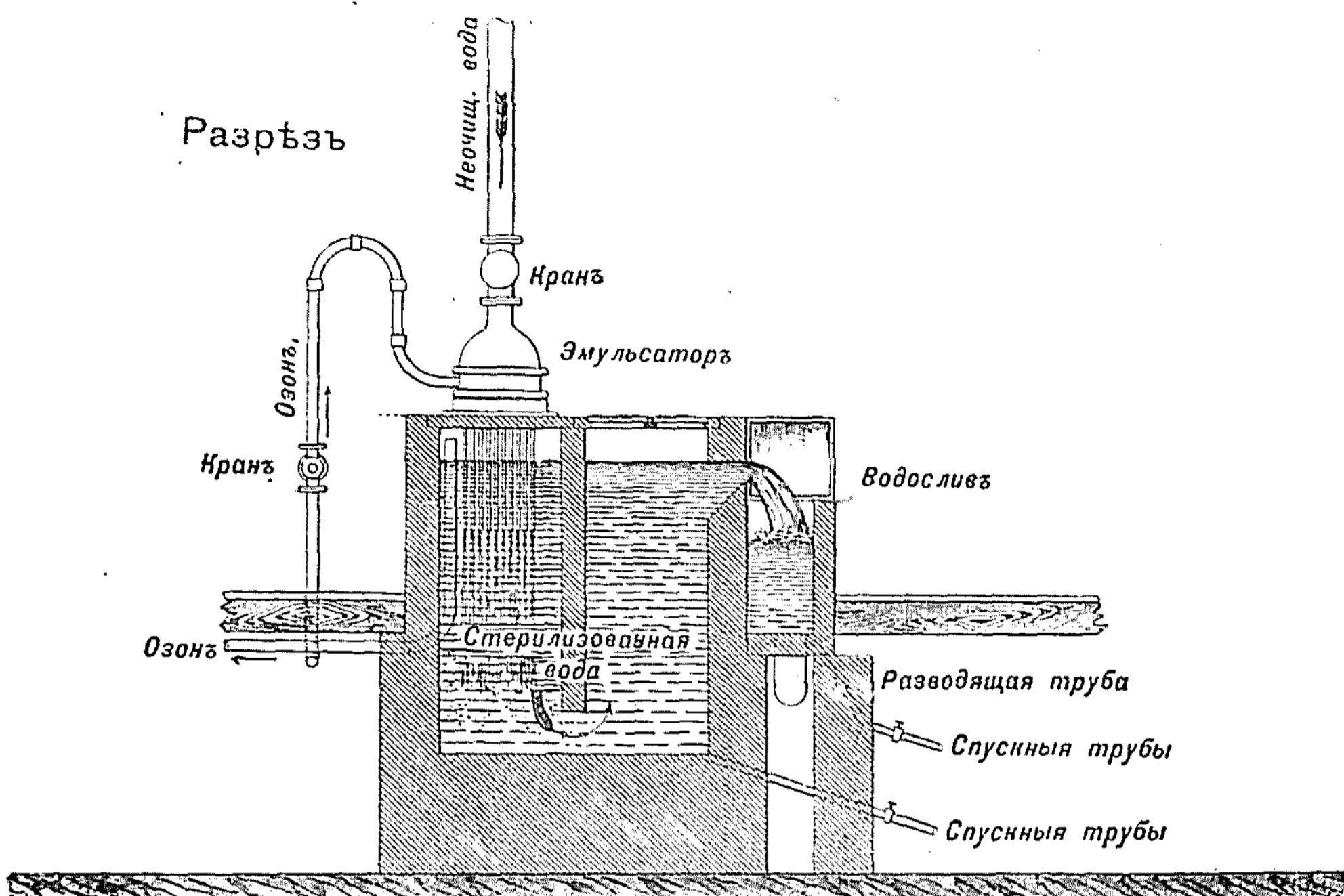
Черт. 81.

Планъ.



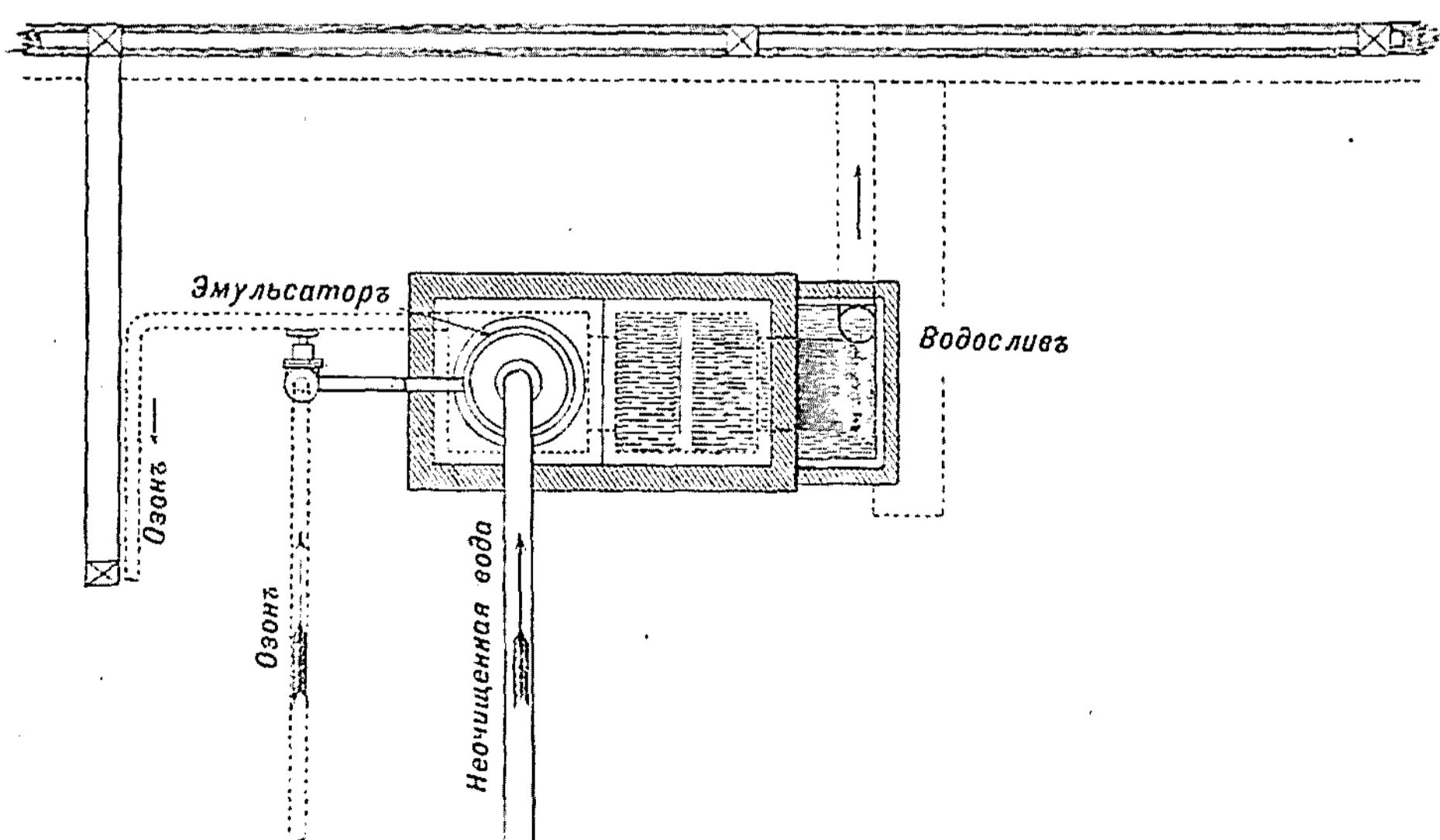
Черт. 82.

въ эмульсаторѣ и второй—въ колоннѣ, наполненной мелкимъ камнемъ. Для учета озона примѣненъ особый измѣритель озона.



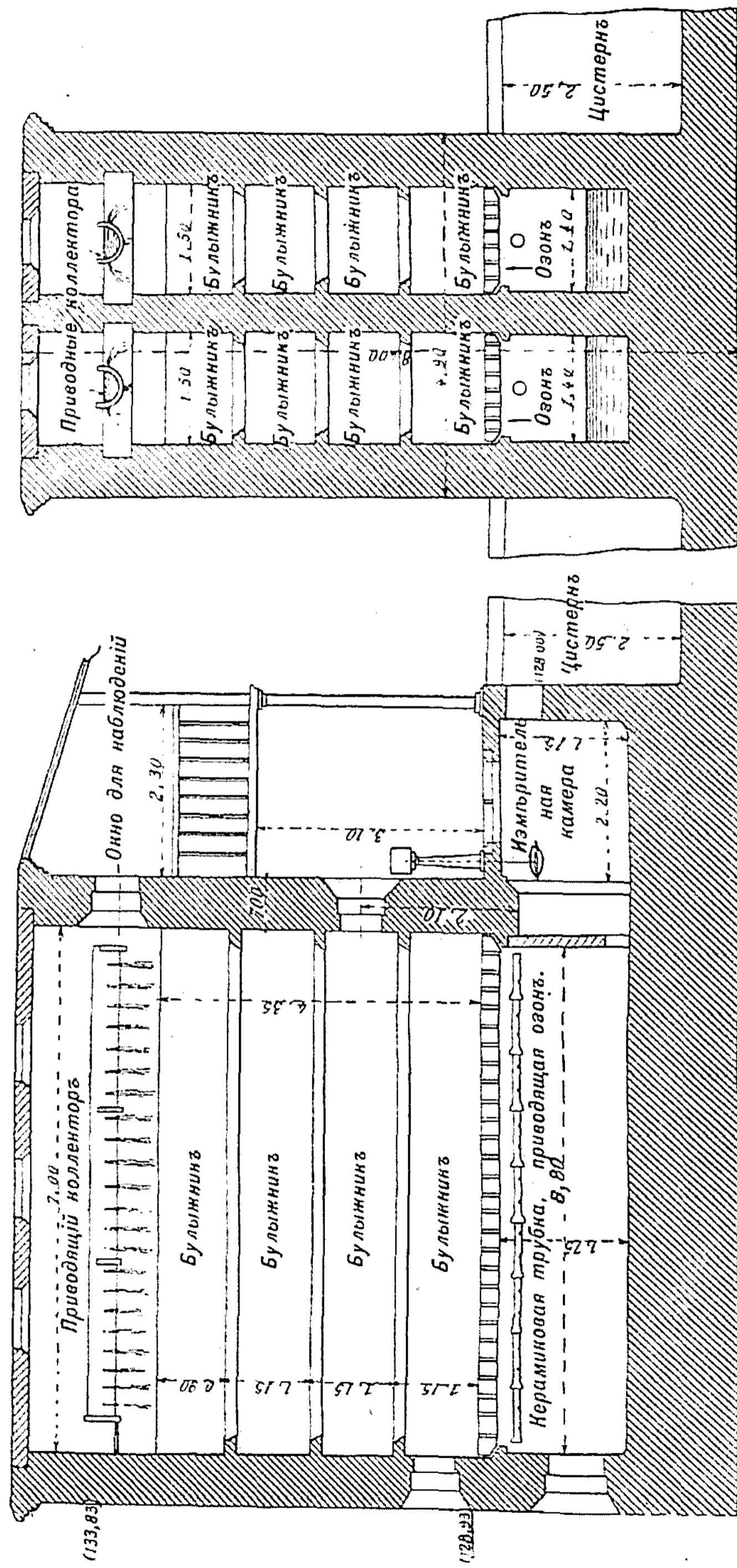
Черт. 83.

Планъ



Черт. 84.

По другому варианту (черт. 83 и 84) предполагалось примѣнить озонование однимъ лишь эмульсаторомъ; въ этомъ случаѣ, вода и озонъ смѣши-



ваются въ аппаратѣ и затѣмъ непосредственно отстаиваются, такъ что контактъ продолжается лишь нѣсколько секундъ. Неиспользованный озонованный воздухъ собирается вновь для утилизациіи трубою, приемный конецъ которой помѣщенъ вверху эмульсной камеры.

При сравниваниіи этихъ проектовъ необходимо принять во вниманіе, что, хотя однѣ только стерилизационныя колонны или эмульсаторы и въ состояніи дать хорошие результаты очищенія воды, но примѣненіе и тѣхъ и другихъ одновременно, увеличивая затраты на первоначальное устройство инсталляціи, значительно сокращаетъ эксплуатационные расходы, такъ напримѣръ, при пользованіи однѣми лишь стерилизационными колоннами расходъ энергіи увеличивается почти вдвое по сравненію съ пользованіемъ устрояствами съ двумя kontaktами.

На черт. 85, 86, 87 и 88 изображена установка въ г. Шартрѣ. Городъ Шартръ имѣеть 23000 жителей и пользуется водою изъ рѣки l'Eure'a; въ виду неудовлетворительности водъ этой рѣки въ послѣднее время къ нимъ примѣнена очистка сначала фильтрами изъ кокса и песка, которыми содержаніе бактерій въ 1 куб. сантиметрѣ воды понижается съ 16000 до 3000, а затѣмъ озонованіемъ, которое убиваетъ оставшіяся бактеріи.

Очистительные устройства состоять въ слѣдующемъ: воды рѣки l'Eure'a подымаются сначала паровыми насосами въ бассейны—очистители, помѣщенные въ обширномъ зданіи изъ желѣзо-бетона, потолокъ котораго имѣеть воздушные прослойки для урегулпрованія температуръ. Стекла оконъ этого помѣщенія желтаго цвѣта, такъ что внутрь его проникаетъ лишь желтый свѣтъ, который дѣйствуетъ губительно на жизнь находящихся въ водѣ бактерій. Въ этомъ зданіи происходитъ очистка 6000 куб. метровъ воды въ день, въ 10 бассейнахъ по 40 кв. метровъ поверхности каждый, что даетъ по 15 куб. метровъ на 1 кв. метръ ихъ поверхности въ теченіи 24 часовъ.

Грязныя воды, поднятые центробѣжнымъ паровымъ насосомъ, попадаютъ сначала въ особый раздаточный бассейнъ, откуда онѣ уже направляются къ 10 очистителямъ, изъ которыхъ каждый состоитъ изъ 2-хъ коксовыхъ и одного песчанаго фильтра; въ дѣйствіи находится лишь одинъ коксовый фильтръ, въ то время какъ другой біологически очищается и, такимъ образомъ, подготавливается для дѣйствія. Каждый коксовый фильтръ состоитъ изъ желѣзо-бетоннаго бассейна, имѣющаго перегородки, заставляющія воду совершать болѣе длинный путь; между этими перегородками помѣщены куски кокса; вода, очистившись частично въ коксовыхъ фильтрахъ, поступаетъ на песчаные фильтры, откуда выходитъ съ содержаніемъ около 3000 бактерій въ куб. сантиметрѣ ея,

тогда какъ поступающая на коксовые фильтры вода содержитъ около 16000 бактерій въ 1 куб. сантиметрѣ.

Внизу песчанаго слоя фильтровъ находится приспособленіе для промывки ихъ обратнымъ токомъ воды, состоящее изъ системы дырчатыхъ трубъ, въ которыхъ поступаетъ при промывкѣ чистая вода и сжатый воздухъ. Каждый бассейнъ-очиститель имѣеть сливную трубу и поплавокъ, которымъ закрывается входъ воды, какъ скоро горизонтъ ея на песчаныхъ фильтрахъ поднимается слишкомъ высоко.

Для самаго озонованія воды имѣются устройства въ двойномъ количествѣ на случай порчи одного изъ нихъ. Вода, прошедшая фильтры, спускается па стерилизационныя башни высотою 4.5 метра, наполненныя булыжникомъ, чрезъ дырки въ приводящемъ воду коллекторѣ; снизу въ башню поступаетъ озонъ. Вода падаетъ съ камня на камень къ низу, а озонъ поднимается вверхъ, причемъ происходитъ энергичное ихъ смѣшаніе, и въ результатѣ получается полное уничтоженіе бактерій, содержащихся въ водѣ (черт. 87 и 88).

Паровой двигатель (вертикальный, compound типа Delaunay-Belleville) работаетъ при давлениі въ 6,5 атмосферъ и дѣлаетъ въ минуту 410 оборотовъ; при немъ имѣется конденсаторъ. Онъ приводить въ движение ременной передачей центробѣжный насосъ, подающій воду въ раздаточный бассейнъ, и альтернаторъ, вырабатывающій электрическій токъ, необходимый для приготовленія озона и приведенія въ дѣйствіе электрическаго вентилятора, вдувающаго воздухъ въ озонаторы.

Центробѣжный насосъ подаетъ на очистители 6000 куб. метровъ воды въ сутки; а въ часъ

$$\frac{6000}{24} = 250 \text{ куб. метровъ}$$

на высоту 11 метровъ; изъ этого часового количества въ 250 куб. метровъ лишь 222 куб. метра воды идетъ на стерилизационныя колонны, а остальные 28 куб. метровъ воды расходуются на промывку фильтровъ.

Однофазный электрическій токъ альтернатора въ 500 периодовъ частоты и 250 вольтъ напряженія, переводится трансформаторомъ въ токъ съ напряженіемъ въ 20000 вольтъ; этотъ токъ направляется въ озонаторы типа, изображенаго на черт. 74, и, при тихомъ разрядѣ, происходящемъ между стеклянными пластинками чрезъ слой воздуха, вдуваемаго въ озонующія батареи электрическимъ вентиляторомъ, переводить въ озонъ часть кислорода воздуха по принципу, описанному выше.

Токъ, доставляемый альтернаторомъ мощностью въ 20 киловольтъ-

амперъ, отмѣчается на распределительной доскѣ; имѣются также watt-метры и реостаты для каждой батареи озонаторовъ.

Изъ озонаторовъ озонованный воздухъ системою керамиковыхъ трубокъ отводится внизъ стерилизационной колонны.

На каждый кубический метръ очищаемой воды расходуется 2 грамма озона, для выработки которыхъ необходимо около 50 уаттовъ въ часъ при означенномъ выше токѣ.  $\cos \varphi$ , т. е. коэффиціентъ полезнаго дѣйствія, этой установки въ среднемъ равенъ около 0,5.

Этотъ расходъ въ 5 килоуаттъ-часовъ на 100 куб. метровъ очищенной воды, послѣ примѣненія эмульсаціи Dr. Otto, уменьшился до 1 килоуатта-часа (Le génie Civil № 1381. 1908).

Собравшаяся въ особой цистернѣ озонованная вода подымается за тѣмъ 3 насосами въ городскую сѣть.

Что касается платы за отпущенную озонованную воду, то она со временеми устройства очистительной станціи не увеличилась и осталась по прежнему по 30 сантимовъ за куб. метръ при потребленіи ея не свыше 2000 куб. метровъ; при большемъ потребленіи воды цѣна падаетъ до 20 сантимовъ за 1 куб. метръ ея. Расходы по устройству очистительной станціи выразились цифрою въ 35000 франковъ, а эксплоатационные расходы поднялись на 1,5 сантима на 1 куб. метръ стерилизованной воды.

Вообще же расходы по озонованію воды опредѣляются количествомъ израсходованного озона на 1 куб. метръ воды, этотъ расходъ при сравнительно чистыхъ водахъ колеблется въ лучшихъ озонаторахъ и стерилизаторахъ отъ 0,5 грамма до 3 граммовъ чистаго озона\*). Существующими аппаратами озонаторами вырабатывается 1 граммъ озона съ затратою въ среднемъ энергіи отъ 35—100 уаттъ-часовъ, что, считая стоимость килоуатта въ 10 коп., будетъ стоить 0,35—1,00 копѣйки, и, следовательно, озонование 1 куб. метра воды будетъ стоить отъ 0,20 коп. до 2,5 копѣекъ; въ среднемъ оно стоитъ около 1 сантима (0,4 копѣйки) за 1 кб. метръ воды, не считая амортизациіи капитала и начисленія процентовъ на этотъ капиталъ. Если считать всѣ расходы, то по Ogier и Bonjean стоимость озонованія 1 кб. метра воды колеблется между 1 и 5 сантимами, а по Erlwein эта стоимость доходить до 5 пфениговъ.

Слѣдующія таблицы №№ 10 и 11 даютъ понятіе о работѣ озонаторовъ Dr. Otto. (Rapport sur l'ozone et les eaux potables 1906).

Въ отношеніи измѣненія въ химическомъ составѣ воды, комиссія, за-

\*) По опытамъ Ohlmüller и Prall въ Мартиникенфельдѣ съ аппаратами Сименса и Гальске и по опытамъ проф. Г. В. Хлопкина съ нефильтрованной Невской водой съ тѣми же аппаратами расходъ озона на 1 куб. метръ стерилизованной воды былъ въ среднемъ 4—4,5 граммовъ.

## ТАБЛИЦА № 10.

*Озонование воды въ Ниццѣ.*

№ по порядку.	Опыты 1905 года.	Вольты.	Амперы.	Объемъ воздуха въ часть въ куб. метр.	Содержание озыва въ 1 кубическ. метр. воз- духа въ граммахъ.	Вѣсъ въ граммахъ озона, вы- работан- наго въ часъ.	Затрачен- ная энер- гія въ часъ въ уаттъ- часахъ.
I . . .	22 Августа.	105	34	21	2,58	54,48	1900
II . . .	23 "	107	35,5	21	2,7	56,7	1950
III . . .	24 "	110	37	21	2,4	50,4	2000
IV . . .	25 "	115	37	21	2,8	56,28	2000
V . . .	26 "	110	37,5	21	2,7	56,7	2000
VI . . .	27 "	105	38,5	21	2,37	59,77	2000
VII . . .	28 "	110	38,5	21	2,7	56,7	2000

## ТАБЛИЦА № 11.

*Озонование воды въ Шартрѣ.*

Опытъ 26 Июня 1908 г.; токъ однофазный въ 500 периодовъ, 160 вольтъ, (послѣ трансформатора 16000 вольтъ).

ВРЕМЯ.	Показаніе вольтметра при альтераторѣ.	Показаніе амперметра.	Кило-вольтъ-амперы.	Кило-уатты.	Расходъ озонаованаго воздуха въ часъ въ куб. метр.	Расходъ воды въ часъ въ кубич. метр.	Содержание озыва въ 1 куб. метръ озонаованаго воздуха въ граммахъ.	Расходъ озонаованаго воздуха на 1 куб. метръ въ литрахъ.	Вѣсъ олова въ граммахъ, израсходованаго на 1 кубич. метръ воды.
11 ч. 25 м. утра.	188	103	19,364	9,200	56,535	152	6,8	371	2,522
11 ч. 55 м. "	187	103	—	—	56,535	152	5,9	371	2,189
2 ч. 41 м. вечера.	184	100	—	—	56,535	152	6,04	371	2,240
3 ч. 15 м. "	187	102	—	—	56,535	152	6,148	371	2,280

нимавшаяся въ Ниццѣ изученіемъ озонованія воды, на основаніи многихъ произведеныхъ ею анализовъ пришла къ заключенію, что:

- 1) Озонование не вліяетъ на степень жесткости воды \*).
- 2) Озонъ разрушаетъ содержащіяся въ водѣ органическія вещества, причемъ разрушеніе это процентно тѣмъ больше, чѣмъ богаче вода этими веществами.
- 3) Озонование не измѣняетъ содержаніе хлора въ водѣ.

\*). Въ водѣ г. Ниццы не заключалось соединеній желѣза, о которыхъ говорится на стр. 28.

4) Слѣды азотистой кислоты, находимые въ водѣ до ея озонованія, были найдены и послѣ ея озонованія. Азотъ амміака отъ дѣйствія озона исчезъ.

5) Озонъ растворимъ въ водѣ только въ очень небольшихъ количествахъ; растворы его непостоянны, причемъ они такъ скоро теряютъ озонъ, что по истеченіи нѣсколькихъ секундъ уже нельзя доказать въ водѣ самыхъ ничтожныхъ его слѣдовъ.

6) Озонованная вода содержитъ процентно больше кислорода, нежели вода до озонованія, причемъ за время озонованія она дѣлается болѣе свѣтлою.

7) Озонованіе воды не сопровождается образованіемъ перекиси водорода.

8) Данныя химическихъ анализовъ, приведенныхъ въ офиціальномъ отчетѣ комиссіи, сопоставлены въ таблицѣ 12.

ТАБЛИЦА № 12.

	22 Августа 1905 г.		23 Августа 1905 г.		24 Августа 1905 г.		25 Августа 1905 г.		26 Августа 1905 г.		
	до озона	послѣ озона.	до озона.	послѣ озона.	до озона.	послѣ озона.	до озона.	послѣ озона.	до озона.	послѣ озона.	
Концентрація озона .	—	2,58	—	2,4	—	2,4	—	2,54	—	6,1 млр.	
Градусы жесткости .	18	18	19	19	18,5	18,5	19,5	19,5	19	19	
Окисли- тельная способ- ность.	Въ щелочномъ растворѣ .	2,53	1,68	1,5	1,5	2	1,5	1,7	1,4	2	2 млр.
	Въ кисломъ растворѣ .	2,53	1,68	2	1,5	2,5	1,8	2,1	1,6	2,4	2,1 млр.
% уменьшения окисли- тельной способности воды . . . . .	—	34%	—	25%	—	28%	—	24%	—	13%	
Хлоръ . . . . .	35	30	20	20	18	18	19	19	18,3	18,3 млр.	
Азота азотистой кис- лоты . . . . .	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Азота азотной кислоты			с	л	ѣ	д	ы.				
Азота амміака . . .	слѣды	0	слѣды	0	слѣды	0	слѣды	0	слѣды	0	
Кисло- рода въ растворѣ .	По вѣсу .	7,14	7,85	8,47	10,02	7,34	7,95	7,56	7,65	8,17	8,45 млр.
	По объему.	4,96	5,46	5,89	6,97	5,10	5,53	5,26	5,32	5,68	5,68 кб.сп.
Видъ воды . . . . .	мутна	свѣтла	очень мутна	свѣтла	мутна	свѣтла	мутна	свѣтла	мутна	свѣтла.	

Изслѣдованія измѣненія воды подъ вліяніемъ озона по отношенію къ ея бактериологическому составу были произведены комиссию въ городской лабораторіи г. Ниццы, для чего пробы воды до и послѣ озонованія были каждый разъ доставляемы официально въ эту лабораторію. Изслѣдованія комиссіи показали, что вода для озонованія давала въ среднемъ 2300 колоній на 1 куб. сантиметръ воды; послѣ же озонованія въ 16 случаяхъ показала полное отсутствіе роста въ разливкахъ; въ другихъ же случаяхъ вода въ среднемъ давала 2 колоніи на 1 куб. сант. ея.

Въ водѣ до озонованія были найдены *b. coli* и *b. putridum*; послѣ озонованія комиссія не обнаружила патогенныхъ формъ микробовъ. Нѣкоторые данные комиссіи по этому вопросу приведены въ таблицѣ № 13.

ТАБЛИЦА № 13.

№ по порядку.	Число колоній въ 1 куб. сант. воды.							
	До озона				Послѣ озона			
	Въ пробѣ.	Въ сред- немъ.	<i>b. coli</i> .	<i>b. putri- des</i> .	Въ пробѣ.	Въ сред- немъ.	<i>b. coli</i> .	<i>b. putri- des</i> .
Опытъ 23 Августа 1905 года.								
I . . . .	2200	2400	есть	есть	0	1	нѣть	нѣть
II . . . .	2200	—	»	»	1	—	»	»
III . . . .	—	—	—	—	2	—	»	»
IV . . . .	—	—	—	—	0	—	»	»
V . . . .	—	—	—	—	1	—	»	»

Сравнительную способность обеззараживанія воды озономъ при помощи совмѣстнаго дѣйствія эмульсаторовъ и озонной башни (черт. 81 и 82) и только однихъ эмульсаторовъ (черт. 83 и 84) можно видѣть изъ таблицъ № 14 и 15.

Изъ данныхъ, приведенныхъ въ таблицахъ №№ 14 и 15 явствуетъ, что главная масса микробовъ погибаетъ уже отъ дѣйствія однихъ эмульсаторовъ и что озонная башня, дѣляя контактъ воды съ озономъ болѣе продолжительнымъ, является весьма полезнымъ приспособленіемъ для болѣе полнаго уничтоженія микробовъ.

Для домашнихъ потребностей существуютъ особые небольшіе аппараты (черт. 89), состоящіе изъ генератора стерилизующаго газа, всасывающаго аппарата и эмульсатора. Генераторъ состоитъ изъ коробки, закрытой металлической крышкой, находящейся въ соединеніи съ землей. Въ коробкѣ помѣщены: трансформаторъ и озонаторъ, которые приводятся въ дѣйствіе непосредственно токомъ, если онъ переменный. При

## ТАБЛИЦА № 14 и 15.

14. Первая серія опытov озонованія воды при помощи эмульсаторовъ и озонной бани.

Время производ- ства опытовъ.	Число колопій въ 1 куб. сант. воды.							
	До озона.				Послѣ озона.			
	Въ пробѣ.	Въ сред- немъ.	b. coli.	b. put- rides.	Въ пробѣ.	Въ сред- немъ.	b. coli.	b. put- rides.
22 Авг. 1905 г.	—	1650	есть	есть	—	1	нѣть	нѣть
23 » » » .	—	2400	»	»	—	1	»	»
24 » » » .	—	2000	»	»	—	1	»	»
25 » » » .	—	2400	»	»	—	2	»	»
26 » » » .	—	2200	»	»	—	2	»	»
28 » » » .	—	1500	»	»	—	2	»	»
29 » » » .	—	1850	»	»	—	2	»	»

15. Вторая серія опытov озонованія воды при помощи однихъ эмульсаторовъ.

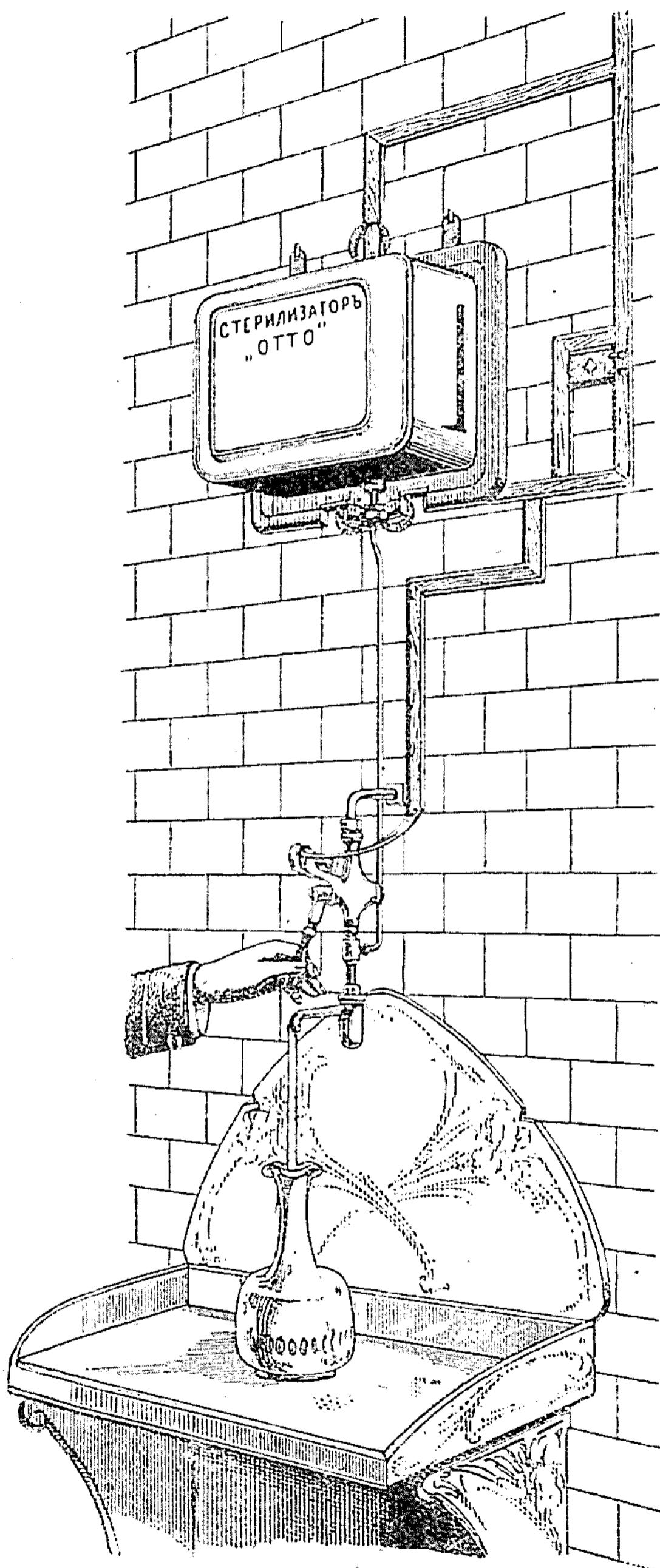
29 Авг. 1905 г.	—	1850	есть	есть	—	4	нѣть	нѣть
4 Сент. » » .	—	2600	»	»	—	6	»	»
5 » » » .	—	2150	»	»	—	3	»	»
6 » » » .	—	1850	»	»	—	2	»	»
7 » » » .	—	2850	»	»	—	2	»	»
8 » » » .	—	2750	»	»	—	4	»	»
9 » » » .	—	1250	»	»	—	2	»	»

постоянномъ токѣ присоединяется еще особый коммутаторъ. Всасывающій аппаратъ изображенъ на черт. 90, а эмульсаторъ на черт. 77.

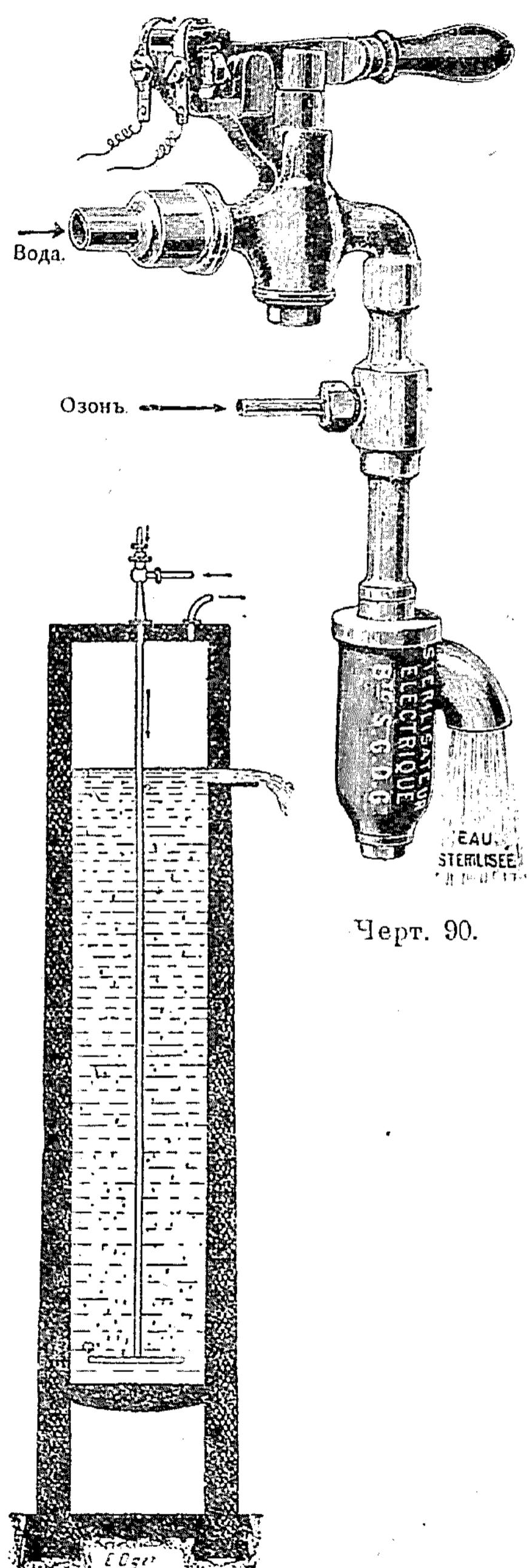
Описанный генераторъ даетъ около 25 литровъ озонованного воздуха; если принять высшую норму озонованія воздуха 10 граммовъ озона на 1 куб. метръ его или 10 миллиграммовъ па 1 литръ, то общее количество выработанного чистаго озона будетъ 250 миллиграммовъ, а при среднемъ расходѣ озона въ 1 миллиграммъ па озонование 1 литра воды, можно сказать что этотъ аппаратъ можетъ озоновать 250 литровъ воды (нижняя норма 125 литровъ воды получается при содержании въ 1 куб. метрѣ озонованного воздуха 5 граммовъ чистаго озона).

Для водоразборныхъ крановъ, установленныхъ на городскихъ улицахъ можетъ быть примѣнена также стерилизациѣ воды озономъ; для этой цѣли примѣняются аппараты, вродѣ только что описанного аппа-

рата для домашнихъ потребностей, но въ немъ kontaktъ между водой и озономъ продолжается слѣдующимъ образомъ: вода, вмѣсто выхода изъ



Черт. 89.



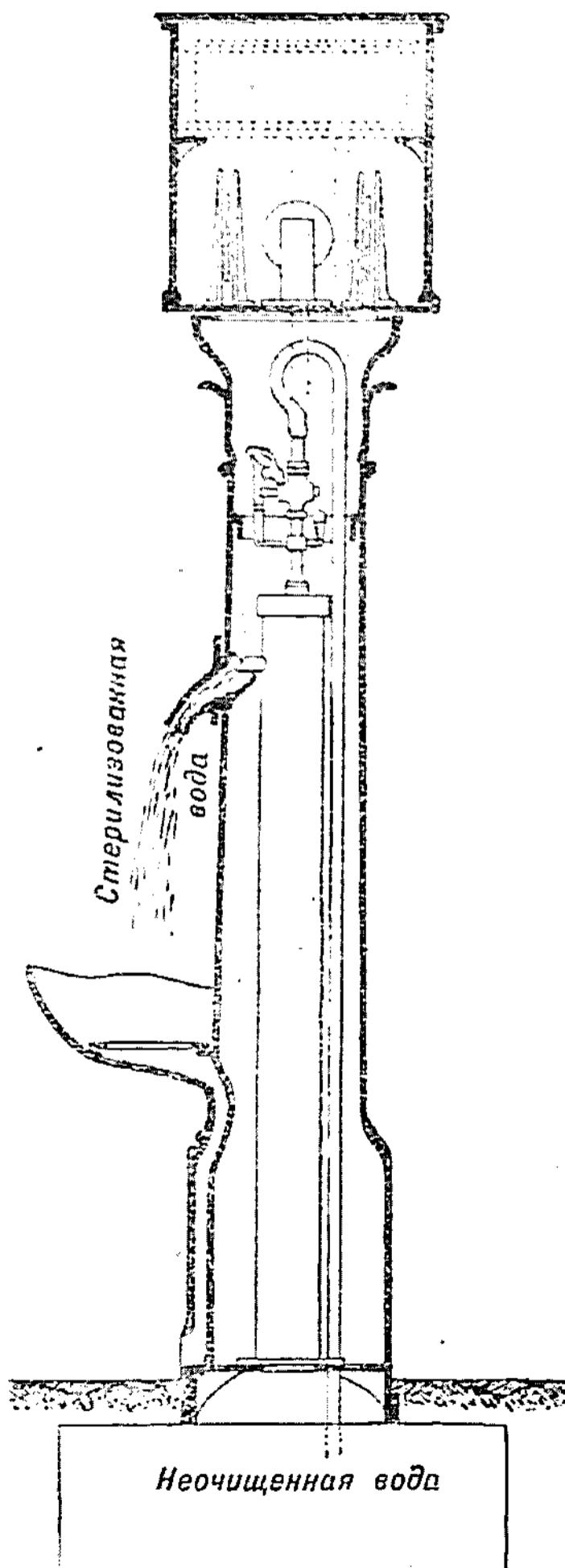
Черт. 90.

Черт. 91.

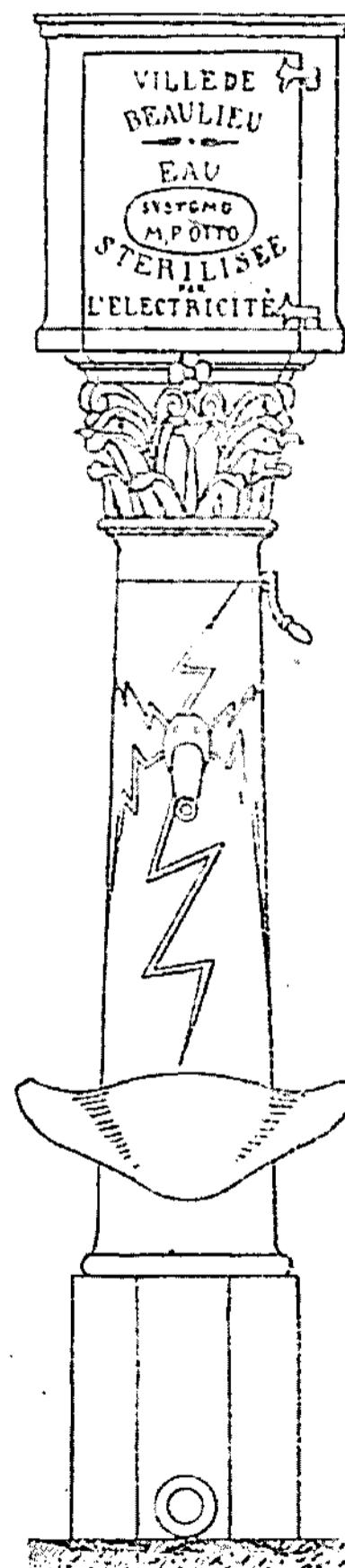
эмульсатора прямо наружу, поступаетъ въ эмалированный желѣзный приемникъ, изображенныи на черт. 91 и 92. Излишекъ озона выходить

чрезъ отверстіе вверху пріемника, а вода можетъ быть взята для потребленія чрезъ другое боковое отверстіе. Всѣ эти устройства заключены въ наружную чугунную колонку типа водоразборного крана, какъ это показано на черт. 93 и 94.

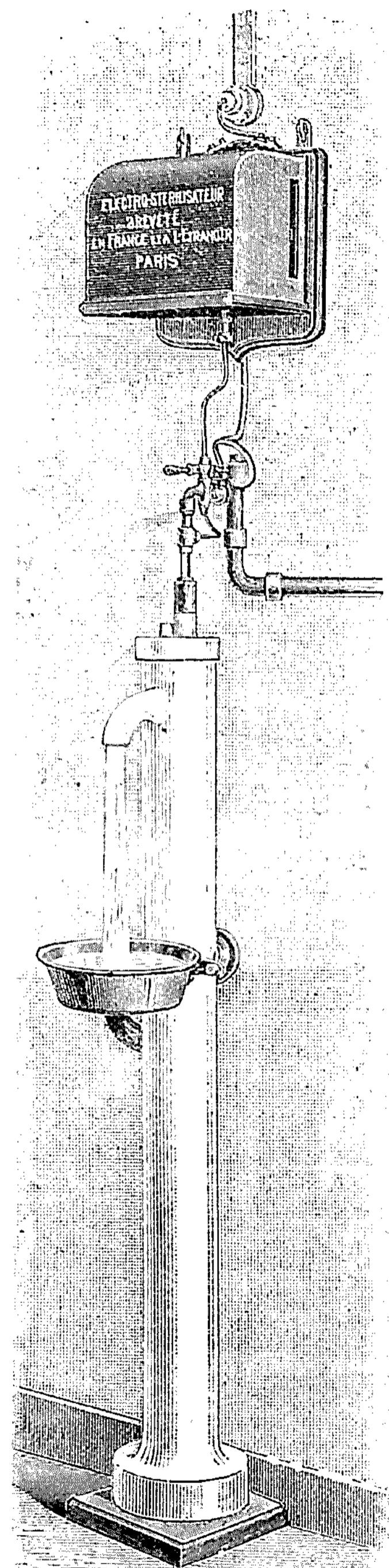
Озонованіе воды въ настоящее время только начинаетъ переходить въ практику, такъ какъ самый вопросъ о немъ наход-



Черт. 92.



Черт. 93.

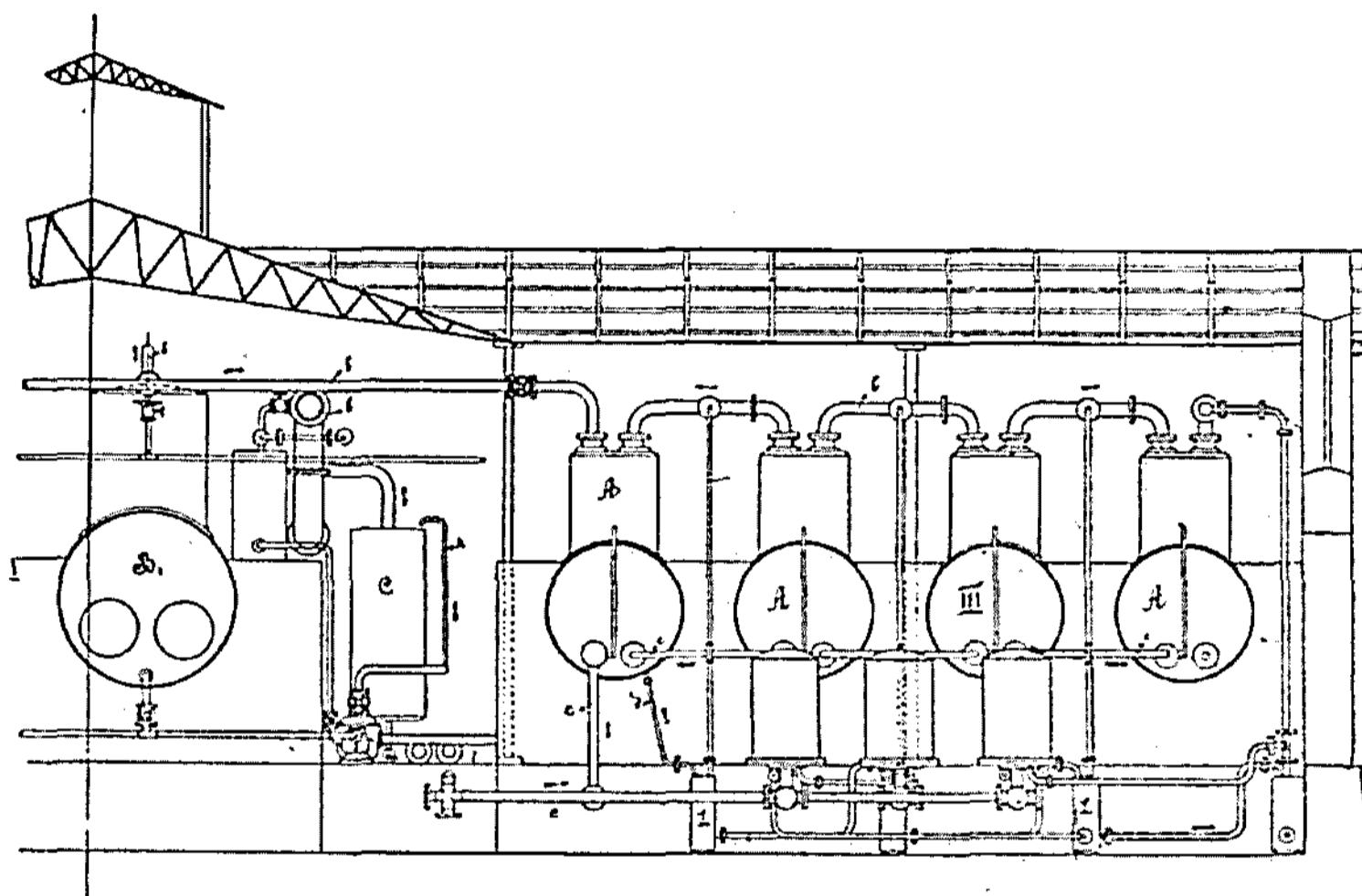


Черт. 94.

дился до сихъ поръ въ periodъ разработки.

## Опрѣсненіе воды.

Подъ опрѣсненіемъ воды разумѣется ея дистилляція, примѣняемая лишь въ тѣхъ рѣдкихъ случаяхъ, когда всѣ прочія средства оказываются недѣйствительными, такъ напримѣръ, при содержаніи въ водѣ такихъ растворимыхъ солей, какъ поваренная и глауберова соли, которая не удаляются при химической очисткѣ, а содержаніе послѣдней даже увеличивается, и количество которыхъ можетъ вліять на работу котла (такой случай имѣется на ст. Красноводскъ въ водѣ Каспійского моря). Кромѣ морскихъ водъ сюда же надо отнести воды, содержащія значи-

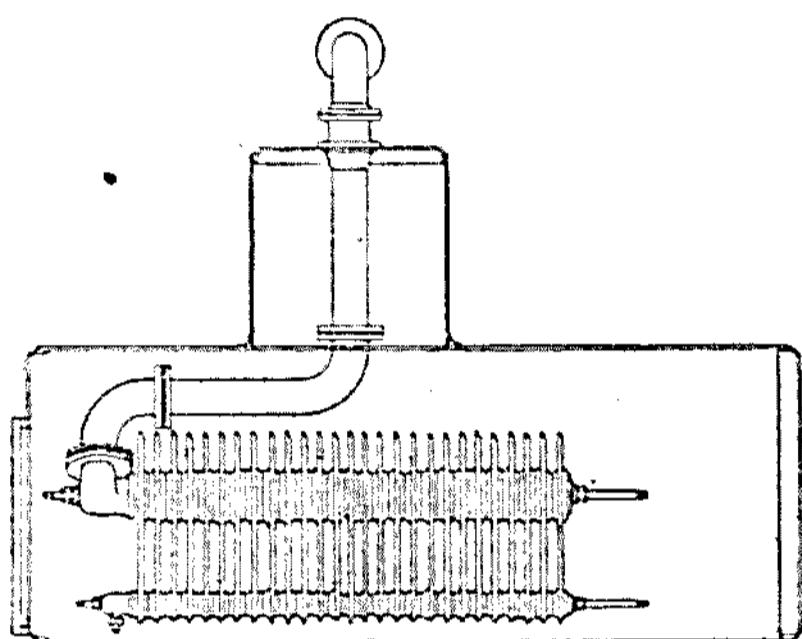


Черт. 95.

тельные количества хлора и сѣрной кислоты и которая, даже будучи очищены отъ накипеобразователей, не дадутъ возможности полностью утилизировать пробѣгъ паровоза; это тѣ воды, въ которыхъ сумма хлора + сѣрного ангидрида ( $\text{Cl} + \text{SO}_3$ ) превосходитъ 2 — 2,5 грамма въ одномъ литрѣ ихъ. Въ этихъ случаяхъ для уменьшения расходовъ рекомендуется готовить воду для дистилляціи предварительно химическою очисткой, какъ это теперь сдѣлано на станціи Учъ-Аджи Средне-Азіатской жел. дороги. Изъ примѣненныхъ въ Россіи опрѣснителей наиболѣе извѣстны опрѣснители системы Ягна, Чернова, Круга и Безсонова (Б. Сушинскій, Извѣстія Общаго Бюро Совѣщательныхъ Съѣздовъ. Октябрь № 10, 1908 г.; Протоколы засѣданій XX Совѣщ. Съѣзда инженеровъ Службы Тяги 1898 Доклады И. К. Карпинскаго и Н. О. Текштрема).

Устройство аппарата Ягна постепенно мѣнялось за послѣднія 10 лѣтъ и послѣдняя его конструкція такова (Б. Сушинскій. Докладъ XXVII, Совѣщ. Съѣзду Инженеровъ Сл. Тяги): Котельный паръ изъ котла В, (черт. 95) при температурѣ  $164^{\circ}$  поступаетъ по трубѣ б въ батарею 1-го

элемента *A* (черт. 96), въ которомъ обращается въ дестиллированную воду. Батарея эта состоитъ изъ мѣдныхъ пластинокъ, въ промежутки между которыми поступаетъ паръ, подводимый трубою *b*; она вдвигается на роликахъ въ котель *A*. Сырая вода, подаваемая въ опрѣснитель, омывающая батарею, превращается въ паръ, нагрѣвается примѣрно до температуры  $156^{\circ}$  и поступаетъ во вторую батарею, образуя изъ воды, помѣщенной въ кожухѣ второй батареи, паръ —  $148^{\circ}$  и т. д.: подобный процессъ происходитъ во всѣхъ элементахъ включительно до 8-го, гдѣ образуется  $100^{\circ}$  паръ, направляемый въ холодильники. Такимъ образомъ каждая батарея даетъ паръ съ низшей температурой, сама конденсируя поступающій въ неѣ паръ большої упругости и образуя изъ нея дестиллированную воду, которая присоединяется къ водѣ, образованной изъ котельного пара 1-го элемента. Вода изъ батареи идетъ чрезъ сепараціонные кувшины *L* въ холодильники; паръ изъ сепараціоннаго кувшина направляется въ батарею съ низшою температурою, гдѣ конденсируется и тѣмъ увеличиваетъ количество дестиллированной воды. Жесткая, подлежащая опрѣсенію, вода идетъ изъ колодца чрезъ холодильники, гдѣ она нагрѣвается остаткомъ пара до  $80-85^{\circ}$  (что исключаетъ возможность примѣненія инжектора) и затѣмъ идетъ въ резервуаръ, расположенный надъ дымоходнымъ каналомъ, нагрѣвается до  $95^{\circ}$  (освобождаясь отъ газовъ) и поступаетъ черезъ регенераторъ въ кожухъ 1-го элемента.



Черт. 96.

Противотокомъ въ междутрубное пространство регенераторовъ поступаетъ паръ изъ элементовъ опрѣснителя. Морская вода при этомъ нагрѣвается и поступаетъ въ котлы при температурѣ лишь на  $10^{\circ}$  ниже котельной воды. Вода прогоняется чрезъ трубы регенераторовъ со скоростью =  $4'$ , чтобы предупредить на ихъ стѣнкахъ осажденіе сѣрно-кальціевыхъ и магніевыхъ солей; для осажденія этихъ солей предназначены особые накипеотстойники, такъ что въ элементы опрѣснителей попадаетъ незначительная часть солей. Въ водяное пространство 1-го элемента поступаетъ нѣсколько котельного пара съ цѣлью ускорить испареніе.

Примѣрная стоимость аппарата Янса на 45 кб. саж. суточнаго расхода при жесткости  $120^{\circ}$  французскихъ и при общемъ содержаніи минеральныхъ веществъ въ 1 літрѣ въ 17,52 грамма, при установкѣ двухъ опрѣснителей (въ первое время послѣ очистки они могутъ выработать около 70—80 кб. саж. въ сутки) слѣдующая:

- |  |              |
|--|--------------|
| 1) 2 опрыснителя по 80.000 рублей . . . . .  | 160.000 руб. |
| 2) Для действия обоихъ опрыснителей потребуется 4 корн-<br>валлійскихъ котла съ поверхностью нагрѣва по 600 кв.<br>фут. при 6 ат. давленія. Въ дѣйствіи находится всегда<br>3 котла, 4-й въ очисткѣ. Стоимость ихъ . . . . . | 20.000 руб.  |
| 3) Устройство фундамента, сточныхъ канавъ, вмазка резер-<br>вуара на 100 кб. саж. для воды и на 10.000 пуд.<br>нефти, подводъ воды на разстояніе не больше 100 саж.  | 45.000 руб.  |
- 

И т о г о . . . . . 225.000 руб.

На 1 куб. саж. воды требуется мазута 8,6 пуда. Безопаснѣе принять 10,5 пудовъ.

Въ составъ опрыснителя входять, кроме котловъ, зданій, резервуаровъ, водопроводовъ:

1) 16 желѣзныхъ кожуховъ съ сухопарниками, сепараціонными кувшинами, рельсами и т. д.

2) 16 луженыхъ батарей, поверхностью нагрѣва 800—900 кв. футъ. Рабочее давленіе 4-хъ батарей 20 фунтовъ; (гидравлическая проба 80 фунтовъ) остальныя по 15 фунтовъ (гидравлическое испытаніе 60 фунтовъ). Каждая батарея состоитъ изъ 20—18 штукъ такъ называемыхъ пластинъ, представляющихъ собой поставленный на ребро длинный ( $10''$ ), невысокий ( $2\frac{1}{3}''$ ) и очень узкий ( $\frac{1}{4}''$ ) ящикъ, образованный изъ 2-хъ мѣдныхъ листовъ, соединенныхъ между собою большимъ числомъ заклепокъ (около 900 шт.).

3) 8 шт. холодильниковъ съ мѣдными лужеными поверхностями; поверхность охлажденія 200—250 кв. футъ (4 шт. паровыхъ и 4 водяныхъ). Рабочее давленіе 7 фунтовъ (гидравлическая проба 30 фунтовъ).

4) 2 бака съ выемными перегородками, для осадки на нихъ углекальцевыхъ солей. Въ этихъ бакахъ сырая, нагрѣтая холодильниками до  $90^\circ$  вода, освобождается отъ сѣрнистыхъ и другихъ газовъ.

5) 16 штукъ регенераторовъ. Каждый регенераторъ состоитъ изъ 7 трехъ-дюймовыхъ мѣдныхъ трубъ; по нимъ течетъ морская вода. Рабочее давленіе въ регенераторахъ 100 фунтовъ; поверхность нагрѣва 70—80 кв. футовъ; гидравлическая проба 180 фунтовъ.

6) Накипеотстойники состоять изъ 2-хъ желѣзныхъ, 14 фут. длины и 3 фут. диаметромъ цилиндровъ, съ выемными листами. Рабочее давленіе 100 фунтовъ, гидравлическая проба 180 фунтовъ.

Въ накипеотстойникахъ отстаивается по подогрѣванію муть, которая, вслѣдствіе значительной скорости протеченія, не могла осѣсть въ регенераторахъ.

7) Три пары насосовъ для подачи воды къ опрѣснителю. Два насоса производительностью каждый отъ 3.000—4.000 ведеръ въ часъ для подачи чрезъ холодильникъ къ опрѣснителю воды въ верхніе баки. Два насоса для подачи по 3.500 ведеръ черезъ регенераторы въ паровые котлы и 2—для приема изъ опрѣснителя по 3.500 ведеръ. Всѣ эти части входятъ въ составъ опрѣснителя, стоимостью 160.000 рублей.

Стоимость очистки одной куб. саж. воды опрѣснителемъ системы Янса различна и зависитъ отъ качествъ очищаемой воды и отъ того, какъ разсчитанъ опрѣснитель: такъ иногда жесткость воды увеличивается со временемъ и опрѣснителю приходится работать не при тѣхъ условіяхъ, для которыхъ онъ разсчитанъ. На практикѣ эта цѣна колеблется между 3 и 13 рублями.

Сдѣлаемъ примѣрный расчетъ стоимости опрѣсненія 1 куб. саж. воды только что описаннымъ опрѣснителемъ:

а) расходъ нефти 10 пудовъ  $10 \times 25 = 2$  р. 50 к.

б) содержаніе опрѣснителя по даннымъ Бакинской эксплоатациі

$$\frac{30.000}{76 \times 365} = \approx 11 \text{ коп.}$$

в) проценты съ погашеніемъ на устройство опрѣснителя для опрѣсненія въ сутки 45 куб. саж. или въ годъ 16.425 куб. саж.

$$\frac{225.000 \times 0,06}{16.425} = 81 \text{ коп.}$$

Всего опрѣсненіе 1 куб. саж. будетъ стоить

$$2 \text{ р. } 50 \text{ к.} + 11 \text{ к.} + 81 \text{ к.} = 3 \text{ р. } 42 \text{ к.},$$

т. е. на 1 поѣздо-версту, полагая расходъ воды на нее равнымъ 8 пудамъ,

$$\frac{3,42 \times 8}{592} = 4,3 \text{ копѣйки.}$$

Для болѣе детальнаго представлениія о ходѣ процесса опрѣсненія разсмотримъ схему опрѣснителя, установленного на ст. Учъ-Аджи Средне-Азіатской жел. дороги (А. Горчаковъ. Желѣзнодорожное дѣло № 23 и 24 1908 г.).

Выкаченная изъ колодцевъ вода подается въ чанъ *A*, откуда самотекомъ идетъ къ приемнику *n* и далѣе въ ящики, строенные между собою и расположенные наклонно въ разныя стороны, благодаря чему вода, поступивъ сразу въ ящики №№ 1 и 6, проходить впередъ и, перелившись въ другомъ концѣ въ ящики 2 и 5, идетъ въ обратномъ направлениі, попадая въ ящики 3 и 4 и далѣе по желобу же въ сборный бассейнъ *B* (черт. 97). Въ эти ящики, деревянные, обшитые внутри цинкомъ, помѣ-

щены ряды мѣдныхъ трубокъ эллипсовиднаго сѣченія, по которымъ въ обратномъ относительно сырой воды направленія движется опрѣсненная вода и паръ, подогрѣвая встрѣчную сырую воду до  $+70^{\circ}\text{C}$ . Эти ящики вмѣстѣ съ опущенными въ нихъ батареями трубокъ называются «водяными» или «поверхностными холодильниками». Изъ чана подогрѣтая въ «поверхностныхъ холодильникахъ» сырая вода, насосомъ № 3 и 4 подается одновременно въ баки *M* и *N*, въ которые опущены батареи тонкихъ мѣдныхъ камеръ, соединенныхъ по верху и по низу общими трубами. По этимъ «книжнымъ батареямъ» движется и въ нихъ конденсируется паръ, притекающій по трубѣ *m* изъ послѣдняго (№ 8) испарителя, подогрѣвая подаваемую въ чаны *M* и *N* сырую воду до  $+95^{\circ}\text{C}$ . Чаны *M* и *N* съ ихъ книжными батареями называются «паровыми холодильниками» и помѣщаются нѣсколько возвысенно, такъ что, пройдя ихъ, сырая вода самотекомъ поступаетъ въ прямоугольный продолговатый бакъ *O*, снабженный наклонными перегородками для осажденія грязи и называемый поэтому «грязеотстойникомъ».

Сигнальная труба контролируетъ уровень воды, которая пройдя по перегородкамъ и то поднимаясь, то опускаясь, подходитъ къ устью трубы и берется чрезъ нее насосомъ №№ 5 и 6 и проталкивается по мѣднымъ  $2\frac{1}{2}''$  трубкамъ, собраннымъ по 7 шт. въ пучки помошью чугунныхъ оголовниковъ, снабженныхъ соединяющими трубки каналами. Канальчатые чугунные оголовники служать одновременно крышками для длинныхъ чугунныхъ трубъ, куда вставляются пучки мѣдныхъ трубокъ. Каждому испарителю (8 шт.) соответствуетъ свой «регенераторъ», — такъ называются эти пучки вмѣстѣ съ заключающими ихъ чугунными трубами. Регенераторы располагаются ниже, въ интервалахъ между испарителями. Такимъ образомъ по внутреннимъ трубкамъ, послѣдовательно проходя каждую изъ нихъ, движется сырая вода, а на встрѣчу ей по заключающей трубѣ идетъ прѣсная вода, отдавая свое тепло встрѣчной холодной. Пройдя регенераторы, вода поступаетъ въ горизонтально расположенные цилиндры, снабженные горизонтальными же перегородками съ ребрами — «накипеотстойники», и отсюда, уже подогрѣтая до  $+135^{\circ}\text{C}$ , вода переходить подъ давленіемъ того же насоса въ котлы, гдѣ часть ея испаряется, и полученный паръ по трубѣ *n* поступаетъ во внутреннюю батарею первого испарителя; устройство этой батареи въ общемъ однородно съ книжными батареями паровыхъ холодильниковъ, но только въ большемъ масштабѣ.

Въ тоже время часть воды изъ котла, въ силу разницы давленій, переходить въ наружное пространство испарителя. Конденсируясь въ книжной батареѣ, паръ отдаетъ свое тепло перешедшей изъ котла водѣ, часть которой, испаряясь въ свою очередь, переходить во внутреннюю батарею второго испарителя и производить тамъ ту же работу, что и котельный

паръ въ первой. Вода же послѣдовательно, въ силу разницы давлений, обусловленной поверхностнымъ охлажденіемъ испарительныхъ сосудовъ, переходить изъ одного испарителя въ другой. Паръ послѣдняго испарителя переходитъ въ книжки паровыхъ холодильниковъ.

Конденсировавшаяся къ книжкамъ испарителей вода по наружнымъ чугуннымъ трубамъ регенераторовъ подходитъ къ трубамъ поверхностныхъ холодильниковъ; туда же идетъ конденсировавшійся въ паровыхъ холодильникахъ паръ послѣдняго испарителя.

Такимъ образомъ каждый предыдущій испаритель служить для послѣдующаго тѣмъ, чѣмъ паровой котель для первого. Вслѣдствіе поверхностнаго охлажденія температуры въ испарителяхъ падаютъ отъ 1-го до 8-го, но въ то же время температуры сырой воды, идущей въ регенераторахъ и постепенно подогрѣвающейся, возрастаютъ, какъ показываетъ приведенная здѣсь таблица.

Наименование частей опрѣснителя.	Сырая вода у прѣемника.			По проходѣ регенераторовъ.								Въ испарителѣ.								Примѣчаніе.		
	По проходѣ водяныхъ холодильниковъ.	По проходѣ паровыхъ холодильниковъ.	1	2	3	4	5	6	7	8	1 и 2	1	2	3	4	5	6	7	8	По выходѣ изъ подиальныхъ холодильниковъ.		
Темпера- тура въ С°	25	60	95	1) 96	102	107	112	116	120	124	128	138	135	130	125	121	117	113	109	105	50	1) Потеря въ грязе-остатникахъ.

Описанный аппаратъ разсчитанъ на опрѣсненіе 20 куб. саж. воды въ сутки при 100° французскихъ.

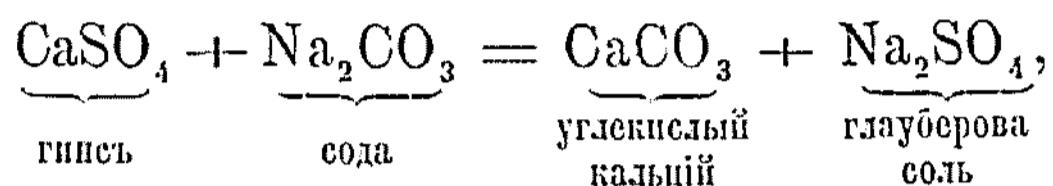
Стоимость его 94000 рублей.

Въ настоящее время этотъ опрѣснитель снабженъ аппаратомъ для химической очистки, которая представляетъ предварительную стадію опрѣсненія, осаждая большую часть содержащихся въ водѣ солей (черт. 97). Неудобство эксплоатациіи опрѣснителей состоить въ частой ихъ чисткѣ (чрезъ промежутки отъ 2 днѣй до 14). Очистка опрѣснителя отъ накипи состоить въ удаленіи слоя накипи съ поверхности водяныхъ и паровыхъ холодильниковъ, грязеотстойника и, главнымъ образомъ, регенераторныхъ трубокъ, для чего послѣднія вынимаются и по нимъ постукиваютъ деревянными молотками, вслѣдствіе чего гипсовыя отложения отскакиваютъ прочь отъ внутреннихъ стѣнокъ трубокъ. Удобно имѣть два комплекта регенераторныхъ трубокъ. Но при подобной чисткѣ трубы нѣсколько укорачиваются и ихъ приходится напаивать.

Образованіе гипсовой накипи въ регенераторныхъ трубкахъ, а иногда и совершенное ихъ закупориваніе происходитъ отъ того, что сѣрнокальціевая соль ( $\text{CaSO}_4$ , гипсъ), какъ соединеніе нерастворимое даже при высокихъ температурахъ, поступая въ регенераторные трубы, осаждается

на ихъ стѣнкахъ, и закупориваетъ ихъ, несмотря на значительную скорость протеканія по нимъ воды (около 1  $\frac{\text{метръ}}{\text{секунда}}$ ). Это особенно ярко обозначается въ тѣхъ случаяхъ, когда содержаніе минеральныхъ солей увеличивается въ водѣ, сравнительно съ разсчетнымъ. Растворимыя соли въ этомъ отношеніи удобнѣе, такъ какъ они осаждаются обыкновенно въ послѣднихъ кожухахъ испарителей, въ которыхъ концентрація жидкости становится значительной.

Въ этихъ случаяхъ полезно воду, содержащую гипсъ очищать химически содой, т. к.



т. е. прибавляя соды  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  по вѣсу  $\frac{53}{68}$  отъ вѣса гипса  $\text{CaSO}_4$  (подробности въ упомянутой статьѣ г. Горчакова).

Опрѣснители прочихъ системъ Чернова, Круга, Безсонова и т. п. имѣютъ въ основаніи своей конструкціи тотъ же принципъ, какъ и аппаратъ Ягна, отличаясь лишь деталями (описаніе ихъ въ упомянутомъ труда Б. Сушинскаго).

Въ настоящее время опрѣсненіе воды считается операцией дорогой и мало надежной въ смыслѣ обеспеченія водой (установленные на станціяхъ Кущевка Владикавказской жел. дороги и Гришино Екатерининской жел. дороги опрѣснители сист. Ягна теперь находятся въ бездѣйствіи), почему къ ней и прибѣгаютъ лишь въ исключительныхъ случаяхъ.

*Приложение.*

## ТАБЛИЦЫ

для расчета водопроводныхъ и водосточныхъ  
състей трубъ.

## Т а б л и ц а мѣръ.

---

- 1) 1 дюймъ = 2,54 сантиметрамъ.
  - 2) 1 футъ = 304,8 сантиметрамъ.
  - 3) 1 кв. дюймъ = 6,451 кв. сант.
  - 4) 1 кв. футъ = 929,01 кв. сант.
  - 5) 1 фунтъ = 409,53 граммамъ.
  - 6) 1 пудъ = 16,38 килограм.
  - 7) 1 ведро = 12,299 литрамъ.
  - 8) 1 куб. футъ = 28316,08 куб. сант.
  - 9) 1 рубль = 2,13 маркамъ = 2,63 франкамъ.
  - 10) 1 сант. = 0,394 дюймамъ.
  - 11) 1 метръ = 0,469 саж. = 3,281 фут. = 39,371 дюймамъ.
  - 12) 1 кв. сант. = 0,155 кв. дюймамъ.
  - 13) 1 кв. метръ = 0,22 кв. саж. = 10,764 кв. футамъ.
  - 14) 1 литръ = 0,001 куб. метра = 0,0813 ведрамъ.
  - 15) 1 куб. сант. = 0,061 кб. дюйм.
  - 16) 1 куб. метръ = 0,103 куб. саж. = 35,317 куб. футамъ.
  - 17) 1 килограммъ = 2,442 фунтамъ.
  - 18) 1 марка = 47 копейкамъ.
  - 19) 1 франкъ = 38 копейкамъ.
-

Какъ известно изъ Гидравлики, зависимость между гидравлическими элементами движенія потока воды выражается слѣдующими формулами:

гдѣ  $V$ —скорость теченія воды въ метрахъ \*) въ секунду;  $r$ —гидравлическій радиусъ, въ метрахъ, т. е. отношеніе части площади  $F$  поперечнаго съченія водотока въ кв. метрахъ, занятой водой, или такъ называемаго «живого съченія», къ подводному периметру ея  $U$  въ метрахъ (для круглого напорнаго трубопровода гидравлическій радиусъ равенъ

$$\frac{F}{U} = \frac{\pi d^2}{4} : \pi d = \frac{d}{4},$$

$\varphi$  — уклонъ водотока,  $c$  — коэффицієнтъ тренія, для выраженія котораго существуетъ масса формулъ; наиболѣе подходящіе къ дѣйствительности результаты даетъ формула Гангилье и Куттера; эта формула въ упрощенномъ видѣ, при среднемъ значеніи входящихъ въ нее коэффиціентовъ, имѣть такой видъ:

$$c = \frac{100\sqrt{r}}{b + \sqrt{r}}. \quad \dots \quad (2)$$

гдѣ  $b$  — есть некоторый коэффиціентъ шероховатости, различный для различныхъ матеріаловъ и который для чугунныхъ водопроводныхъ трубъ принимается при пользованіи метрическою системою мѣръ (при условіи, что вода не осаждаетъ въ трубахъ твердыхъ частей и что вообще отъ осадковъ съченіе трубъ не съуживается значительно) въ среднемъ равнымъ 0,25. Для водосточныхъ трубъ  $b$  принимается равнымъ 0,35.

Расходъ воды въ трубопроводѣ опредѣляются формулой:

$$M = FV = Fc\sqrt{r\varphi} \quad . \quad (3)$$

гдѣ всѣ буквы имѣютъ прежнее значеніе.

Для водостоковъ необходимо замѣтить, что для какого либо коллек-  
тора, между скоростью  $V$ , расходомъ воды въ немъ  $M$  при какомъ либо

<sup>\*)</sup> Въ дальнѣйшемъ всѣ практическіе коэффиціенты будуть даны для случая пользованія метрическими мѣрами (метръ=3,281 фута; літръ=0,0813 ведра; 1 килограммъ=2,442 фунта).

уклонѣ (положимъ, какъ въ таблицахъ, уклонъ = 0,01) и скоростью  $V_{\varphi}$  и расходомъ воды въ немъ  $M_{\varphi}$  при уклонѣ  $\varphi$ , при одной и той же степени наполненія коллектора, существуетъ слѣдующая зависимость: скорость движенія воды при  $\varphi = 0,01$  равна

$$V = c \sqrt{0.01 r} \dots \dots \dots \quad (4)$$

если теперь, не измѣняя степени наполненія съченія коллектора, т. е. не мѣняя величинъ  $c$  и  $r$ , будемъ измѣнять уклонъ коллектора до произвольнаго уклоненія  $\varphi$ , то скорость воды въ немъ будетъ равна

$$V_{\varphi} = c \sqrt{\varphi r} \dots \dots \dots \quad (5)$$

гдѣ  $c$  и  $r$  имѣютъ тоже значеніе, какъ и въ равенствѣ 4. Раздѣливъ равенство 5 на 4 имѣемъ

$$V_{\varphi} = V \sqrt{100 \varphi} \dots \dots \dots \quad (6)$$

и

$$M_{\varphi} = F V_{\varphi} = F V \sqrt{100 \varphi} = M \sqrt{100 \varphi},$$

т. е.

$$M_{\varphi} = M \sqrt{100 \varphi} \dots \dots \dots \quad (7)$$

или

$$M = \frac{M_{\varphi}}{\sqrt{100 \varphi}} \dots \dots \dots \quad (8)$$

Ливнеспуски водостоковъ разсчитываются по формулѣ полнаго водослива

$$M = \frac{2}{3} \mu b h \sqrt{2 g h} \dots \dots \dots \quad (9)$$

гдѣ  $b$  — ширина водослива въ метрахъ;  $h$  — высота горизонта воды въ коллекторѣ надъ порогомъ водослива въ метрахъ;  $\mu$  — коэффиціентъ расхода, равный 0,73 и  $g = 9,81 \frac{\text{метр.}}{\text{секунд.}}$  — ускореніе отъ силы тяжести.

Эти формулы положены въ основаніе при составленіи ниже приведенныхъ таблицъ, примѣняющихся съ нѣкоторыми измѣненіями въ послѣднее время въ Германіи (напримѣръ, «Rechnungs-Tabellen» Вышней Технической школы въ Шарлотенбургѣ).

### Таблицы для расчета отверстій напорныхъ водопроводовъ и потерь напора въ нихъ.

Эти таблицы № 1 содержать въ себѣ зависимость между скоростью, расходомъ и потерей напора въ трубахъ различного діаметра. Для выясненія правилъ пользованія ими разсмотримъ примѣръ:

Требуется определить диаметр напорной линии стационарного водопровода и величину потери напора в ней, если длина ее = 500 метровъ, а расходъ воды в ней = 0,45 куб. фут. Такъ какъ скорость в напорныхъ трубахъ, въ видахъ спокойнаго хода насоса, принимается обыкновенно равной  $1 \frac{\text{метр.}}{\text{секунд.}}$ , то въ таблицахъ № 1 въ графѣ «Расходъ» надо искать число = 0,45 куб. фута = 12,74 литра такимъ образомъ, чтобы въ сбѣдней графѣ «скорость» находилась бы цифра близкая къ 1; этимъ условіемъ удовлетворяетъ по таблицамъ трубы диаметромъ въ 125 мм. при уклонѣ линіи напора, равномъ 0,02; такъ что общая потеря напора на всю длину трубы будетъ  $0,02 \times 500 = 10$  метровъ.

Когда цифра расхода воды въ трубѣ приходится между табличными цифрами, то вопросъ решается помощью интерполяціи.

Какъ сказано выше, эта потеря напора будетъ при примененіи новыхъ трубъ; для старыхъ трубъ она увеличивается въ 1,5—2 раза.

### Таблицы для расчета отверстій водосточныхъ трубъ.

Таблицы № 2 и 3 содержатъ въ себѣ цифры, выражающія зависимость, для круглыхъ и овощадальныхъ сѣченій, между диаметромъ сѣченія, высотою его наполненія, скоростью и расходомъ въ немъ при уклонѣ коллекторовъ въ 0,01.

Таблица № 4 даетъ величины  $\sqrt{100\varphi}$  и  $1 : \sqrt{100\varphi}$ , необходимыя для перехода отъ табличныхъ уклоновъ къ расчетному и обратно.

Таблица № 5 даетъ значения коэффициентовъ тренія  $c$  для всевозможныхъ сѣченій коллекторовъ въ зависимости отъ подводнаго радиуса.

Примененіе всѣхъ этихъ таблицъ просмотришь на примѣрѣ:

Требуется определить сѣченіе коллектора, отводящаго въ секунду 0,80 куб. метра жидкости при уклонѣ его  $\varphi = 0,00667$ .

По таблицѣ № 4 находимъ, что при  $\varphi = 0,00667$  коэффициентъ  $\sqrt{100\varphi} = 0,82$ . Если теперь перейти къ табличному уклону = 0,01, то для сохраненія въ коллекторѣ той же высоты наполненія расходъ воды въ немъ долженъ увеличиться по формулѣ

$$M = \frac{M_{\varphi}}{\sqrt{100\varphi}} = \frac{800}{0,32} = 976 \frac{\text{литръ}}{\text{секунда}};$$

такъ какъ круглые сѣченія водостоковъ примѣняются обыкновенно лишь до диаметра въ 60 сантиметр., тах. расхода въ которомъ при  $\varphi = 0,01$  будетъ 614 литровъ, а далѣе берутся овощадальные сѣченія, то ищемъ таковое въ таблицахъ № 3 при тахіштѣ расхода въ немъ. Такимъ является сѣченіе съ размѣрами  $90 \times 60$  сант.; высота наполненія въ немъ

при этомъ = 82 сантиметра, скорость воды при  $\varphi = 0,01$  равна по таблицамъ 2,51  $\frac{\text{метр.}}{\text{секунда}}$ , а действительная скорость

$$V_0 = V \sqrt{100\varphi} = 2,51 \times 0,82 = 2,06 \frac{\text{метр.}}{\text{секунд.}},$$

что вполнѣ допустимо, такъ какъ предѣлами скоростей въ водостокахъ являются скорость  $0,7 \frac{\text{метр.}}{\text{секунд.}}$  и  $3 \frac{\text{метр.}}{\text{секунд.}}$ . (При скорости меньшей  $0,7 \frac{\text{метр.}}{\text{секунд.}}$  сточная жидкость осаждаетъ несомыя ею твердые части, а при скорости, большей  $3 \frac{\text{метра}}{\text{секунда}}$  можетъ произойти поврежденіе трубы).

Инженеръ *A. Суринъ.*

ТАБЛИЦА № 1.

Круглые съченія напорныхъ водопроводовъ.

Діаметръ въ м.м.	Уклонъ линії напора.	Потеря напора на 1 метръ данны въ метр.	Скорость V въ $\frac{\text{метр.}}{\text{секунд.}}$	Расходъ M въ $\frac{\text{литр.}}{\text{секунд.}}$
50	1 : 10	0,1000	1,09	2,1
	1 : 20	0,0500	0,77	1,5
	1 : 50	0,0200	0,49	0,9
60	1 : 15	0,0667	1,04	2,9
	1 : 30	0,0333	0,74	2,1
	1 : 70	0,0143	0,48	1,4
70	1 : 20	0,0500	1,03	3,9
	1 : 35	0,0286	0,77	3,0
	1 : 80	0,0125	0,51	2,0
80	1 : 10	0,1000	1,61	8,1
	1 : 25	0,0400	1,02	5,1
	1 : 45	0,0222	0,76	3,8
	1 : 100	0,0100	0,51	2,6
90	1 : 15	0,0667	1,45	9,2
	1 : 30	0,0333	1,03	6,5
	1 : 60	0,0167	0,73	4,6
	1 : 125	0,0080	0,50	3,2
100	1 : 15	0,0667	1,58	12,4
	1 : 35	0,0286	1,03	8,1
	1 : 70	0,0143	0,73	5,8
	1 : 150	0,0067	0,50	3,9
125	1 : 25	0,0400	1,46	18,0
	1 : 50	0,0200	1,04	12,7
	1 : 90	0,0111	0,77	9,5
	1 : 200	0,0050	0,52	6,4

Діаметр въ м.м.	Уклонъ линії напора.	Потеря напора на 1 метръ длины въ метр.	Скорость V въ $\frac{\text{метр.}}{\text{секунд.}}$	Расходъ M въ $\frac{\text{литр.}}{\text{секунд.}}$
150	1 : 30	0,0333	1,55	27,3
	1 : 70	0,0143	1,01	17,9
	1 : 125	0,0080	0,76	13,4
	1 : 275	0,0036	0,51	9,0
175	1 : 40	0,0250	1,51	36,3
	1 : 90	0,0111	1,01	24,2
	1 : 150	0,0067	0,78	18,7
	1 : 350	0,0029	0,51	12,3
200	1 : 50	0,0200	1,49	46,8
	1 : 100	0,0100	1,05	33,1
	1 : 200	0,0050	0,75	23,4
	1 : 450	0,0022	0,50	15,6
225	1 : 60	0,01667	1,49	59,3
	1 : 125	0,00800	1,03	41,1
	1 : 225	0,00444	0,77	30,6
	1 : 500	0,00200	0,52	20,5
250	1 : 70	0,01429	1,49	73,3
	1 : 150	0,00667	1,02	50,1
	1 : 275	0,00364	0,75	37,0
	1 : 600	0,00167	0,51	25,0
275	1 : 80	0,01250	1,50	89,1
	1 : 175	0,00571	1,02	60,3
	1 : 325	0,00308	0,75	44,2
	1 : 700	0,00143	0,51	30,1
300	1 : 90	0,01111	1,51	107
	1 : 200	0,00500	1,01	72
	1 : 350	0,00286	0,77	54
	1 : 800	0,00125	0,51	36
325	1 : 100	0,01000	1,52	126
	1 : 225	0,00444	1,01	84

Диаметр въ м.м.	Уклонъ линіи напора.	Потеря напора на 1 метръ длины въ мотр.	Скорость V въ $\frac{\text{метр.}}{\text{секунд.}}$	Расходъ M въ $\frac{\text{литр.}}{\text{секунд.}}$
325	1 : 400	0,00250	0,76	63
	1 : 900	0,00111	0,51	42
350	1 : 100	0,01000	1,60	154
	1 : 125	0,00800	1,43	138
	1 : 250	0,00400	1,01	98
	1 : 450	0,00222	0,76	73
	1 : 1000	0,00100	0,51	49
375	1 : 125	0,00800	1,51	167
	1 : 275	0,00364	1,02	112
	1 : 500	0,00200	0,75	83
	1 : 1100	0,00091	0,51	56
400	1 : 125	0,00800	1,58	199
	1 : 150	0,00667	1,44	181
	1 : 300	0,00333	1,02	128
	1 : 550	0,00182	0,75	95
	1 : 1200	0,00083	0,51	64
425	1 : 150	0,00667	1,51	214
	1 : 350	0,00286	0,99	140
	1 : 600	0,00167	0,75	107
	1 : 1300	0,00077	0,51	73
450	1 : 150	0,00667	1,57	250
	1 : 175	0,00571	1,45	231
	1 : 350	0,00286	1,03	163
	1 : 650	0,00154	0,75	120
	1 : 1500	0,00067	0,50	79
475	1 : 175	0,00571	1,51	268
	1 : 400	0,00250	1,00	177
	1 : 700	0,00143	0,76	134
	1 : 1600	0,00062	0,50	89
500	1 : 200	0,00500	1,47	288

Диаметр въ м.м.	Уклонъ длини напора.	Потеря напора на 1 метръ длины въ метр.	Скорость V въ $\frac{\text{метр.}}{\text{секунд.}}$	Расходъ M въ $\frac{\text{литр.}}{\text{секунд.}}$
500	1 : 425	0,00235	1,01	197
	1 : 750	0,00133	0,76	149
	1 : 1700	0,00059	0,50	99
550	1 : 200	0,00500	1,57	372
	1 : 225	0,00444	1,48	351
	1 : 475	0,00210	1,02	241
	1 : 850	0,00117	0,76	180
	1 : 2000	0,00050	0,50	118
600	1 : 250	0,00400	1,49	421
	1 : 550	0,00182	1,00	284
	1 : 1000	0,00100	0,75	211
	1 : 2000	0,00050	0,53	149
650	1 : 275	0,00364	1,50	498
	1 : 600	0,00167	1,02	337
	1 : 1100	0,00091	0,75	249
	1 : 2000	0,00050	0,56	185
700	1 : 300	0,00333	1,51	582
	1 : 650	0,00154	1,03	395
	1 : 1200	0,00083	0,76	291
	1 : 2000	0,00050	0,59	225
750	1 : 325	0,00301	1,52	673
	1 : 750	0,00133	1,00	443
	1 : 1300	0,00077	0,76	336
	1 : 2000	0,00050	0,61	271
800	1 : 350	0,00286	1,53	770
	1 : 800	0,00125	1,01	509
	1 : 1400	0,00071	0,77	385
	1 : 2200	0,00046	0,61	307
900	1 : 425	0,00235	1,51	959
	1 : 950	0,00105	1,01	641

Діаметр въ м.м.	Уклонъ линії напора.	Потеря напора на 1 метръ длины въ метр.	Скорость V въ $\frac{\text{метр.}}{\text{секунд.}}$	Расходъ M въ $\frac{\text{литр.}}{\text{секунд.}}$
900	1 : 1700	0,00059	0,75	479
	1 : 2600	0,00039	0,61	387
1000	1 : 475	0,00210	1,53	1202
	1 : 500	0,00200	1,49	1171
	1 : 1100	0,00091	1,01	790
	1 : 2000	0,00050	0,75	586
1100	1 : 550	0,00182	1,51	1438
	1 : 1200	0,00083	1,03	974
	1 : 1300	0,00077	0,98	936
	1 : 2000	0,00050	0,79	754
1200	1 : 600	0,00167	1,54	1740
	1 : 650	0,00154	1,48	1671
	1 : 1400	0,00071	1,01	1139
	1 : 2400	0,00042	0,77	870

ТАБЛИЦА № 2.

Круглые съченія.

Скорость  $V$   $\frac{\text{метр.}}{\text{секунд.}}$  и расходъ  $M$   $\frac{\text{литр.}}{\text{секунд.}}$  при различныхъ степеняхъ наполненія съченія  $H$  метр. и при уклонѣ 0.01.

Профиль 10/10 сант.			Профиль 17.5/17.5 сант.			Профиль 30/30 сант.			Профиль 40/40 сант.		
$H$	$V$	$M$	$H$	$V$	$M$	$H$	$V$	$M$	$H$	$V$	$M$
0.01	0.13	0.04	0.01	0.18	0.09	0.02	0.29	0.65	0.30	1.72	175
0.02	0.23	0.23	0.02	0.30	0.47	0.04	0.49	3.19	0.35	1.71	200
0.03	0.33	0.57	0.03	0.37	1.13	0.06	0.67	6.73	0.40	1.50	188
0.04	0.41	1.19	0.04	0.47	2.04	0.08	0.81	13	Профиль 45/45 сант.		
0.05	0.47	1.85	0.05	0.55	3.18	0.10	0.96	19	0.05	0.59	5.9
0.10	0.47	3.70	0.15	0.92	19.8	0.15	1.20	43	0.10	1.01	27.9
Профиль 12.5/12.5 сант.			0.175	0.78	18.8	0.30	1.20	86	0.15	1.32	64.7
Профиль 20/20 сант.			Профиль 35/35 сант.			Профиль 50/50 сант.			0.20	1.58	111.4
0.01	0.15	0.08	0.02	0.27	0.45	0.025	0.33	1.19	0.25	1.72	156
0.02	0.26	0.37	0.04	0.48	2.13	0.05	0.58	5.70	0.30	1.84	207
0.03	0.36	0.88	0.06	0.64	5.04	0.10	0.96	22.3	0.35	1.89	250
0.04	0.44	1.54	0.08	0.77	9.03	0.15	1.24	42.4	0.40	1.89	280
0.05	0.52	2.37	0.10	0.87	13.6	0.20	1.44	81.8	0.45	1.64	260.8
0.10	0.70	7.36	0.15	1.00	25.6	0.25	1.55	113.8	Профиль 50/50 сант.		
Профиль 15/15 сант.			0.20	0.87	27.1	0.30	1.57	136.5	0.05	0.60	6
Профиль 25/25 сант.			Профиль 40/40 сант.			Профиль 40/40 сант.			0.10	1.01	28
0.01	0.16	0.08	0.02	0.27	0.55	0.025	0.33	1.29	0.15	1.33	66
0.02	0.27	0.38	0.04	0.48	2.74	0.05	0.58	5.85	0.20	1.59	117
0.03	0.36	0.90	0.06	0.66	6.20	0.10	0.98	24	0.25	1.77	174
0.04	0.44	1.76	0.08	0.80	10.78	0.15	1.25	52	0.30	1.91	235
0.05	0.53	2.65	0.10	0.92	16.1	0.20	1.50	94	0.35	2.01	295
0.075	0.69	6.04	0.15	1.13	34.8	0.25	1.66	139	0.40	2.06	346
0.15	0.69	12.08	0.25	1.04	51.1	0.25	1.77	347	0.45	2.01	374

Профиль 60/60 сант.			Профиль 80/80 сант.			Профиль 100/100 сант.			Профиль 135/135 сант.		
H	V	M	H	V	M	H	V	M	H	V	M
0.05	0.62	7	0.05	0.62	7	0.35	2.43	593	0.60	3.40	2100
0.10	1.00	33	0.10	1.02	35	0.40	2.64	776	0.70	3.70	2750
0.15	1.32	73	0.15	1.40	88	0.50	2.93	1150	0.80	3.90	3400
0.20	1.63	135	0.20	1.68	162	0.60	3.16	1555	0.90	4.05	4050
0.25	1.83	204	0.30	2.12	351	0.70	3.31	1943	1.00	4.20	4640
0.30	2.03	287	0.40	2.51	631	0.80	3.38	2268	1.10	4.25	5100
0.40	2.25	450	0.50	2.76	927	0.95	3.33	2484	1.20	4.15	5860
0.50	2.35	593	0.60	2.86	1165	1.00	2.93	2300	1.30	4.00	5620
0.575	2.20	614	0.70	2.85	1335	Профиль 120/120 сант.			1.35	3.63	5200
0.60	2.03	574	0.775	2.70	1346	Профиль 150/150 сант.			Профиль 150/150 сант.		
Профиль 70/70 сант.			0.80	2.51	1263	0.05	0.66	10	0.05	0.68	10
Профиль 90/90 сант.			0.10	1.05	47	0.10	1.05	65	0.10	1.05	65
0.05	0.62	7	0.15	1.40	114	0.20	1.75	215	0.15	1.40	124
0.10	1.00	33.2	0.20	1.75	215	0.30	2.25	500	0.20	1.75	235
0.15	1.40	86.7	0.30	2.72	900	0.40	3.05	1355	0.30	2.26	550
0.20	1.66	151.7	0.40	3.35	1885	0.50	3.57	2450	0.40	2.75	1060
0.30	2.11	333.2	0.50	3.72	2985	0.60	3.82	3475	0.50	3.18	1640
0.40	2.41	549	0.60	3.85	3850	0.70	3.85	3850	0.60	3.45	2310
0.50	2.58	759	0.70	3.15	1700	0.90	4.00	4.00	0.70	3.78	8060
0.60	2.62	922	0.80	3.30	2320	1.00	4.34	5440	0.80	4.00	3840
0.65	2.55	950	0.85	2.80	2200	1.10	3.75	4075	0.90	4.18	4630
0.70	2.28	876	0.90	2.73	1740	1.20	3.34	3800	1.00	4.40	6120
Профиль 75/75 сант.			Профиль 135/135 сант.			Профиль 135/135 сант.			1.20	4.45	6745
0.15	1.40	87	Профиль 100/100 сант.			0.05	0.66	10	1.30	4.40	7200
0.20	1.66	156	0.10	1.05	55	0.10	1.05	55	1.40	4.30	7390
0.30	2.11	343	0.15	1.40	104	0.15	1.40	120	1.50	3.89	6885
0.40	2.45	600	0.20	1.73	197	0.20	1.75	225	Профиль 160/160 сант.		
0.50	2.68	850	0.25	1.99	303	0.30	2.25	520	0.05	0.70	12
0.60	2.70	1040	0.30	2.21	438	0.40	2.75	1000	0.10	1.14	90
0.70	2.55	1110	0.50	3.15	1550	0.50	3.15	1550	0.15	1.40	126
0.75	2.40	1058	0.50	3.15	1550	0.20	1.75	242			

Профиль 160/160 сант.			Профиль 175/175 сант.			Профиль 200/200 сант.			Профиль 300/300 сант.		
H	V	M	H	V	M	H	V	M	H	V	M
0.30	2.29	577	0.80	4.14	4620	1.80	5.31	15803	0.10	1.30	126
0.40	2.80	1080	0.90	4.35	5540	1.90	5.16	15872	0.20	1.80	360
0.50	3.20	1702	1.00	4.58	6590	2.00	4.73	14972	0.30	2.40	877
0.60	3.48	2321	1.20	4.78	8400	Профиль 250/250 сант.			0.40	2.93	1755
0.70	3.84	3249	1.40	4.84	10050				0.50	3.40	2625
0.80	4.08	4104	1.60	5.20	12350	0.10	1.23	120	0.60	3.80	3818
0.90	4.27	4975	1.70	5.00	11800	0.20	1.80	330	0.70	4.18	5233
1.00	4.51	6066	1.75	4.38	10520	0.30	2.38	790	0.80	4.53	6845
1.20	4.62	7512	Профиль 200/200 сант.			0.40	2.90	1550	1.00	5.10	10517
1.30	4.65	8184	0.10	1.23	112	0.50	3.35	2330	1.20	6.14	16215
1.40	4.63	8656	0.20	1.80	297	0.60	3.75	3400	1.40	6.32	20760
1.55	4.37	8714	0.30	2.37	702	0.70	4.08	4460	1.60	6.42	24230
1.60	4.08	8208	0.40	2.88	1310	0.80	4.40	6140	1.80	6.58	29140
Профиль 175/175 сант.			0.50	3.28	2007	1.00	4.95	9000	200	6.79	34000
0.10	1.18	98	0.60	3.65	2891	1.20	5.65	13100	2.20	6.92	38430
0.20	1.78	265	0.70	3.95	3855	1.40	5.85	16600	2.40	7.00	42416
0.30	2.32	625	0.80	4.27	5440	1.60	5.95	19300	2.60	6.96	45310
0.40	2.82	1175	1.00	4.73	7486	1.80	6.00	23500	2.80	6.80	46720
0.50	3.23	1820	1.20	5.07	9978	2.00	6.15	26020	3.00	6.15	43455
0.60	3.55	2600	1.40	5.30	12444	2.20	6.20	29460			
0.70	3.87	3460	1.60	5.33	14295	2.40	5.95	30100			
						2.50	5.43	26680			

ТАБЛИЦА № 3.

## ОВОИДАЛЬНЫЯ СЪЧЕНИЯ.

Скорость  $V$   $\frac{\text{метр.}}{\text{секунд.}}$  и расходъ  $M$   $\frac{\text{литр.}}{\text{секунд.}}$  при различныхъ степеняхъ наполненія съченія  $H$  метр. и при уклонѣ 0.01.

Профиль 30/20 сант.			Профиль 43/30 сант.			Профиль 60/40 сант.			Профиль 90/60 сант.		
$H$	$V$	$M$	$H$	$V$	$M$	$H$	$V$	$M$	$H$	$V$	$M$
0.01	0.16	0.08	0.02	0.27	0.38	0.02	0.28	0.4	0.05	0.58	4,95
0.02	0.27	0.38	0.04	0.37	0.93	0.04	0.45	1.8	0.10	1.04	24
0.03	0.37	0.93	0.05	0.53	2.7	0.05	0.55	3.3	0.15	1.20	44
0.04	0.43	1.7	0.06	0.60	4.2	0.08	0.75	9	0.20	1.51	92
0.05	0.53	3	0.08	0.71	7.0	0.10	0.87	15	0.25	1.62	129
0.06	0.60	4	0.10	0.81	11.3	0.15	1.08	32	0.30	1.72	170
0.08	0.71	7	0.15	1.02	26	0.20	1.30	61	0.40	2.04	318
0.10	0.78	10	0.20	1.19	46	0.30	1.59	129	0.50	2.24	475
0.12	0.82	11	0.30	1.42	97	0.40	1.78	215	0.60	2.31	628
0.15	0.96	21	0.40	1.51	144	0.50	1.89	301	0.70	2.43	803
0.20	1.08	35	0.43	1.47	149	0.58	1.82	331	0.80	2.52	961
0.29	1.07	49	0.45	1.34	138	0.60	1.68	309	0.84	2.50	996
0.30	0.98	46	Профиль 52.5/35 сант.			Профиль 75/50 сант.			0.90	2.26	934
Профиль 37.5/25 сант.			Профиль 105/70 сант.								
0.01	0.16	0.08	0.025	0.31	0.7	0.025	0.33	0.8	0.05	0.59	5
0.02	0.17	0.38	0.05	0.55	3.2	0.05	0.57	4	0.10	0.97	22
0.03	0.37	0.93	0.075	0.62	6.4	0.10	0.91	17	0.15	1.23	50
0.04	0.43	1.7	0.10	0.86	13	0.15	1.15	25	0.20	1.48	93
0.05	0.53	3	0.15	1.06	30	0.20	1.39	72	0.25	1.66	144
0.06	0.60	4	0.20	1.27	55	0.25	1.55	112	0.30	1.83	207
0.08	0.71	7	0.25	1.40	82	0.30	1.70	161	0.40	2.13	366
0.10	0.81	11	0.30	1.52	114	0.40	1.95	273	0.50	2.35	550
0.15	1.00	24	0.35	1.61	149	0.50	2.12	401	0.60	2.53	759
0.25	1.25	60	0.40	1.68	185	0.60	2.20	523	0.70	2.68	993
0.36	1.26	90	0.50	1.66	222	0.70	2.17	601	0.80	2.80	1235
0.375	1.16	85	0.525	1.51	212	0.725	2.16	615	1.00	2.75	1518
						0.75	1.97	565	1.05	2.52	1418

Профиль 120/80 сант.			Профиль 135/90 сант.			Профиль 150/100 сант.			Профиль 180/120 сант.		
H	V	M	H	V	M	H	V	M	H	V	M
0.05	0.59	5	0.15	1.29	60	0.15	1.30	65	0.15	1.35	74
0.10	0.98	25	0.20	1.54	108	0.20	1.58	117	0.20	1.61	134
0.15	1.26	55	0.25	1.72	167	0.25	1.78	185	0.25	1.83	210
0.20	1.51	100	0.30	1.91	243	0.30	1.98	269	0.30	2.03	303
0.25	1.70	156	0.35	2.08	331	0.35	2.14	366	0.35	2.20	411
0.30	1.87	223	0.40	2.19	423	0.40	2.30	478	0.40	2.37	537
0.35	2.04	306	0.45	2.35	538	0.45	2.45	608	0.50	2.65	831
0.40	2.17	395	0.50	2.47	659	0.50	2.59	749	0.60	2.90	1186
0.45	2.30	497	0.60	2.64	919	0.60	2.82	1066	0.70	3.15	1612
0.50	2.43	610	0.70	2.92	1267	0.70	2.92	1372	0.80	3.35	2077
0.60	2.65	689	0.80	3.08	1609	0.80	3.21	1801	0.90	3.50	2566
0.70	2.81	1135	0.90	3.21	1965	1.00	3.48	2631	1.00	3.65	3101
0.80	2.95	1431	1.00	3.32	2314	1.20	3.63	3449	1.20	3.90	4245
1.00	3.06	1952	1.20	3.39	2902	1.40	3.60	3989	1.30	4.05	4892
1.16	2.99	2168	1.30	3.27	2986	1.45	3.58	4056	1.40	4.09	5415
1.20	2.78	2043	1.35	3.02	2809	1.50	3.25	3831	1.50	4.15	5947
Профиль 135/90 сант.			Профиль 150/100 сант.			Профиль 180/120 сант.			1.65	4.10	6446
0.05	9.59	5	0.5	0.60	6	0.05	0.60	7	1.80	3.70	6119
0.10	0.99	26	0.10	1.00	28	0.10	0.90	28			

## ТАБЛИЦА № 4.

Величинъ  $\sqrt{\frac{1}{100}} \varphi$  II.  $1 : \sqrt{\frac{1}{100}} \varphi$

## A. Малые уклоны.

$\varphi =$	1 :	3000	2500	2250	2000	1800	1600	1500	1400	1300	1200	1100	1000	900	800
	0,00033	0,0004	0,00045	0,0005	0,00056	0,00062	0,00067	0,00071	0,00077	0,00083	0,00091	0,0010	0,0011	0,00125	
$\sqrt{100 \varphi}$	0,18	0,20	0,21	0,22	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,32	0,33	0,35	
$1 : \sqrt{100 \varphi}$	5,5	5,00	4,7	4,5	4,2	4,0	3,9	3,7	3,6	3,5	3,3	3,2	3,0	2,8	

## **Б. Средніє укладення.**

$\varphi =$	1 :	750	700	600	500	450	400	350	300	275	250	225	200	175	150
	0,00133	0,00143	0,00167	0,00200	0,00222	0,00250	0,00286	0,00333	0,00364	0,00400	0,00444	0,00500	0,00571	0,00667	
$\sqrt{100 \varphi}$	0,37	0,39	0,41	0,45	0,47	0,50	0,54	0,58	0,60	0,63	0,66	0,71	0,76	0,82	
$1 : \sqrt{100 \varphi}$	2,74	2,65	2,45	2,24	2,12	2,00	1,87	1,73	1,66	1,53	1,49	1,42	1,32	1,23	

### С. Большіє Уклони.

$\varphi = 1 :$	125	100	80	75	66,6	50	40	33,3	25	20	15	$12^{1/2}$	10
0,00800	0,0100	0,0125	0,0133	0,0150	0,0200	0,0250	0,0300	0,0400	0,0500	0,0667	0,0800	0,100	
$\sqrt{100 \varphi}$	0,89	1,00	1,12	1,15	1,23	1,42	1,58	1,73	2,0	2,24	2,58	3,16	
$1:\sqrt{100 \varphi}$	1,12	1,00	0,89	0,87	0,82	0,71	0,63	0,58	0,5	0,45	0,39	0,35	

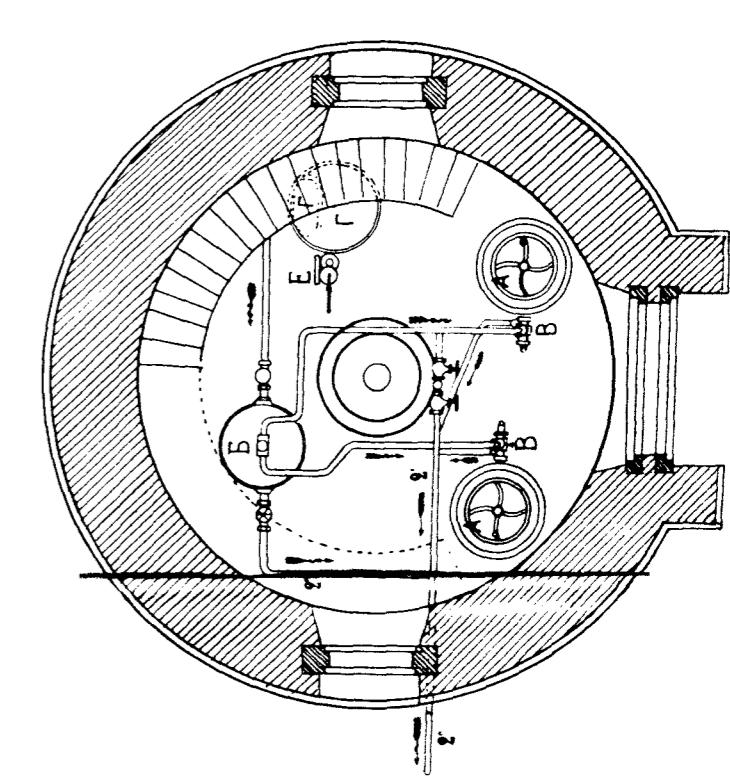
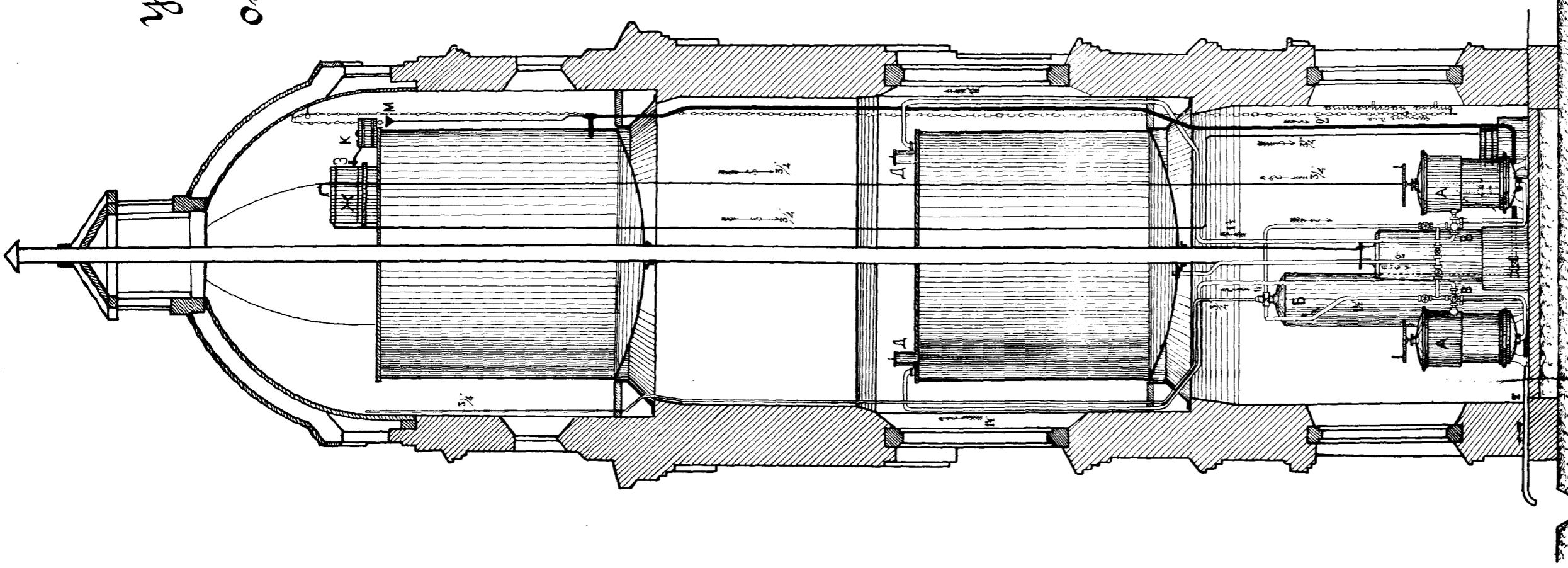
## Таблица коефіцієнтів тренія № 5.

$$\pi \text{pm} \ 0'' = 0,35$$

Проверено  
 ученой комиссией двухимпироба  
 инженером Г.Лемурово  
 общей производительности  
 на 300 бедера борса  
 два водогенератора  
 на см. Новикова.

Экспликация:

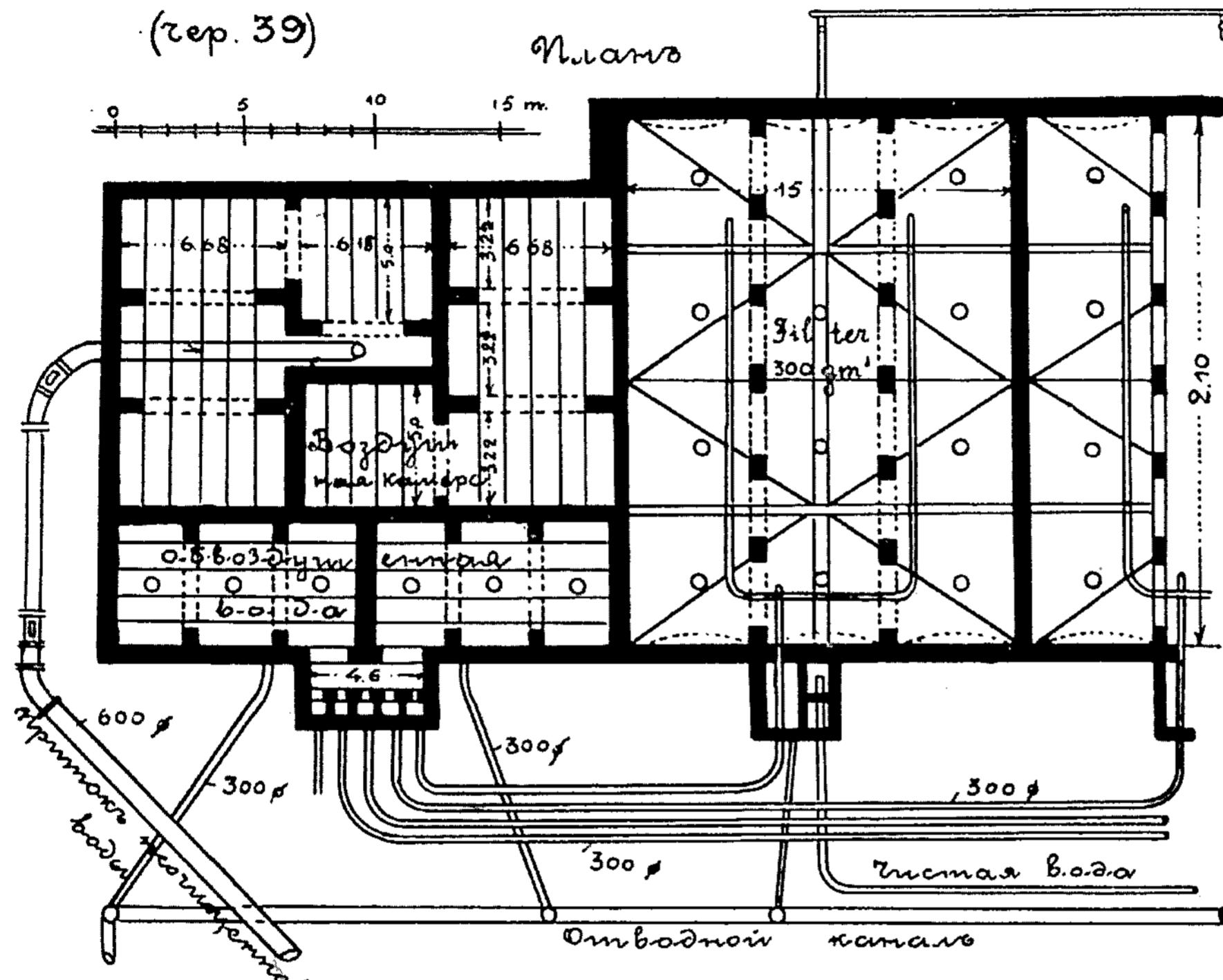
- А Фильтр для очистки.
- Б Очисточная.
- В Питательное краны.
- Г Дверь. Банки для промывки. Жалюзи для.
- Д Вентилятор. Вентилятор.
- Е Шахт для транспортировки изоляции.
- Ж Шланг для промывки изоляции.
- З Электрический запорный кран.
- К Электрический запорный кран.
- Л Вентилятор для изоляции.
- М Электрическая воронка.



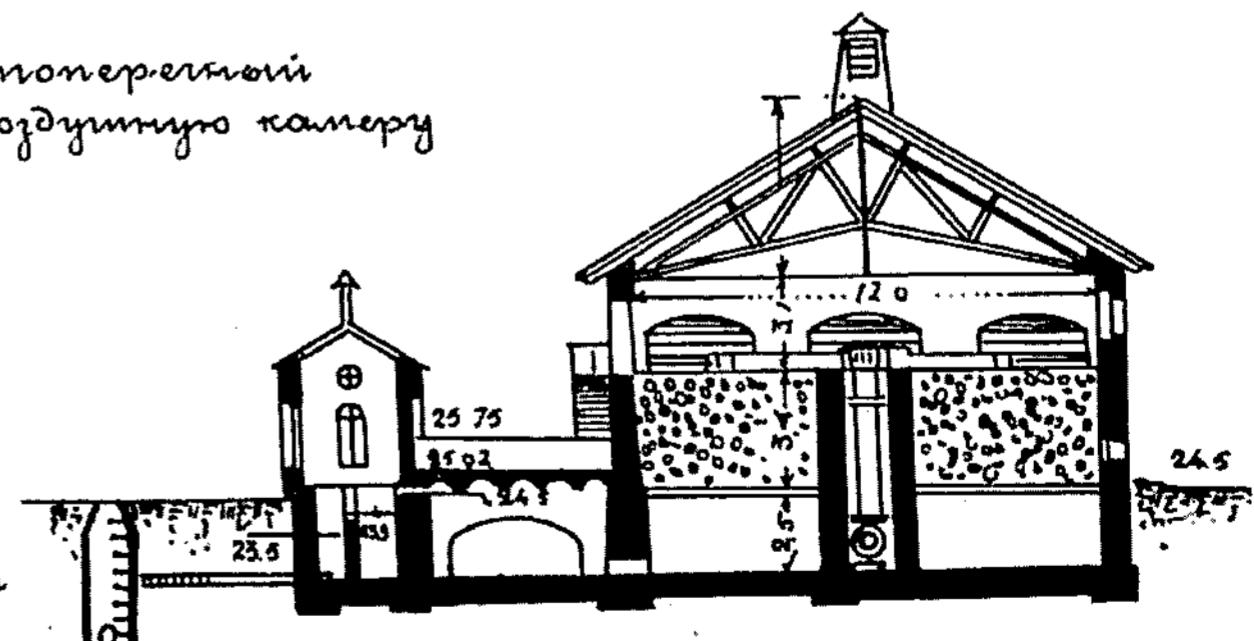
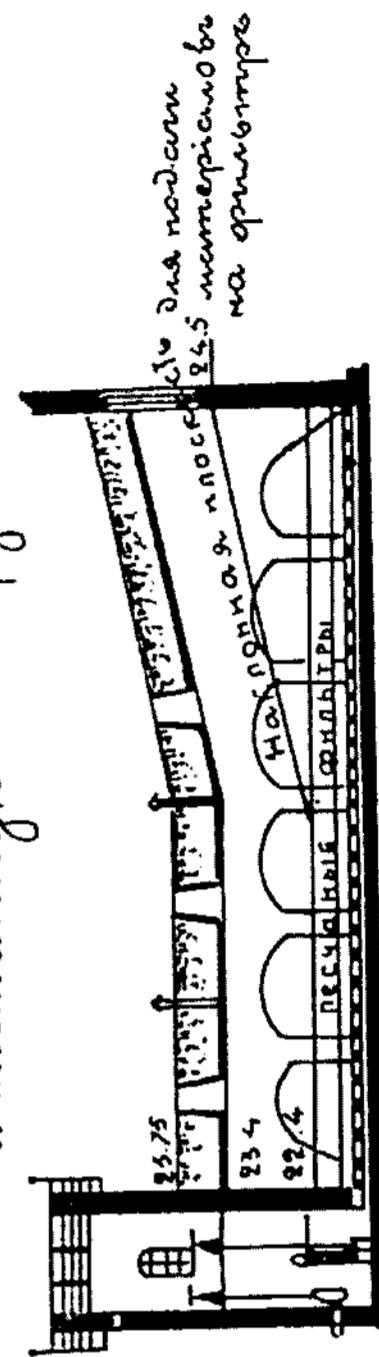
## O.S. czescemogubanie border by Klimo

[Deutsche Banzeitung 1896, c. 445]

(rep. 39)

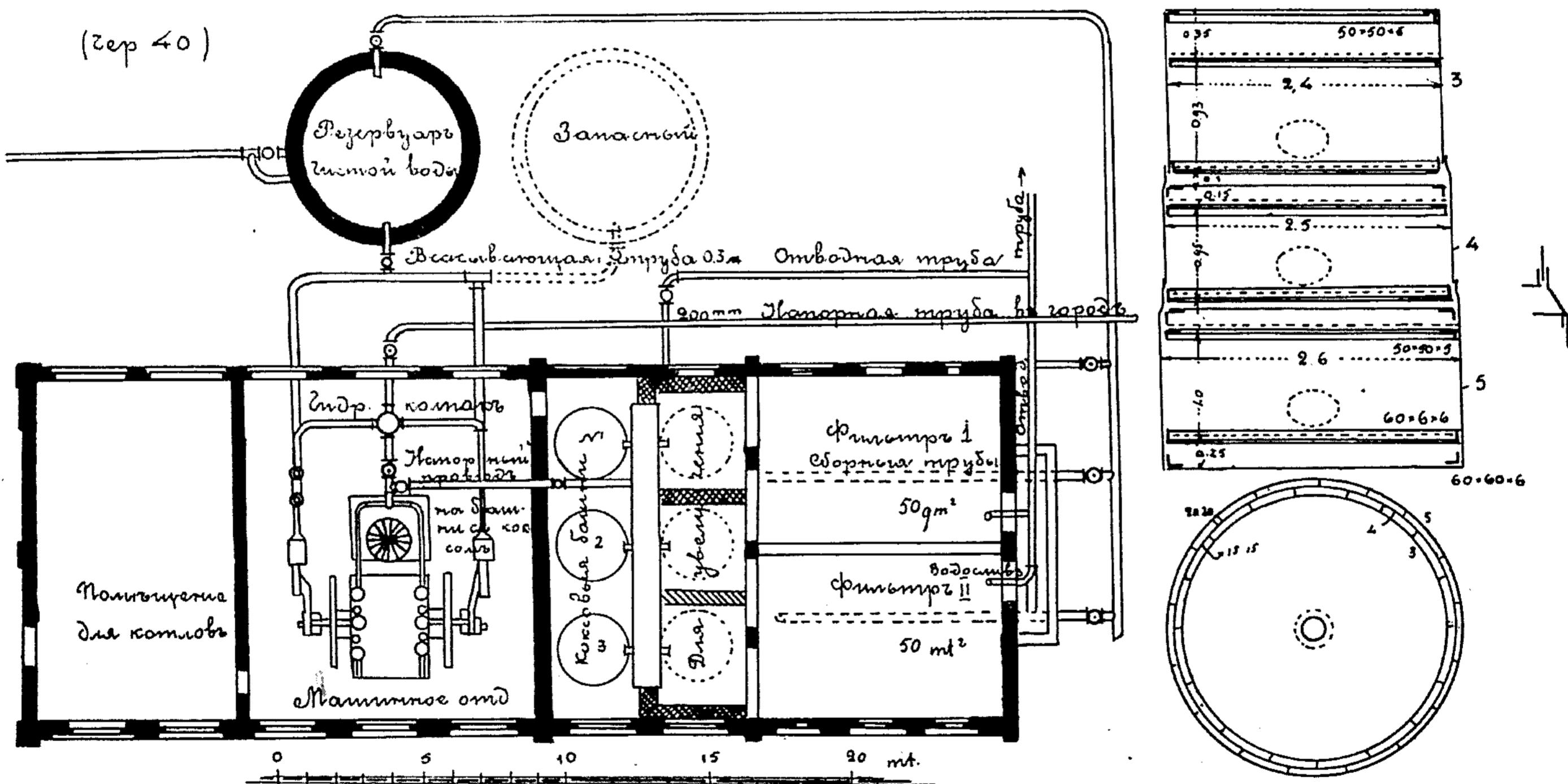


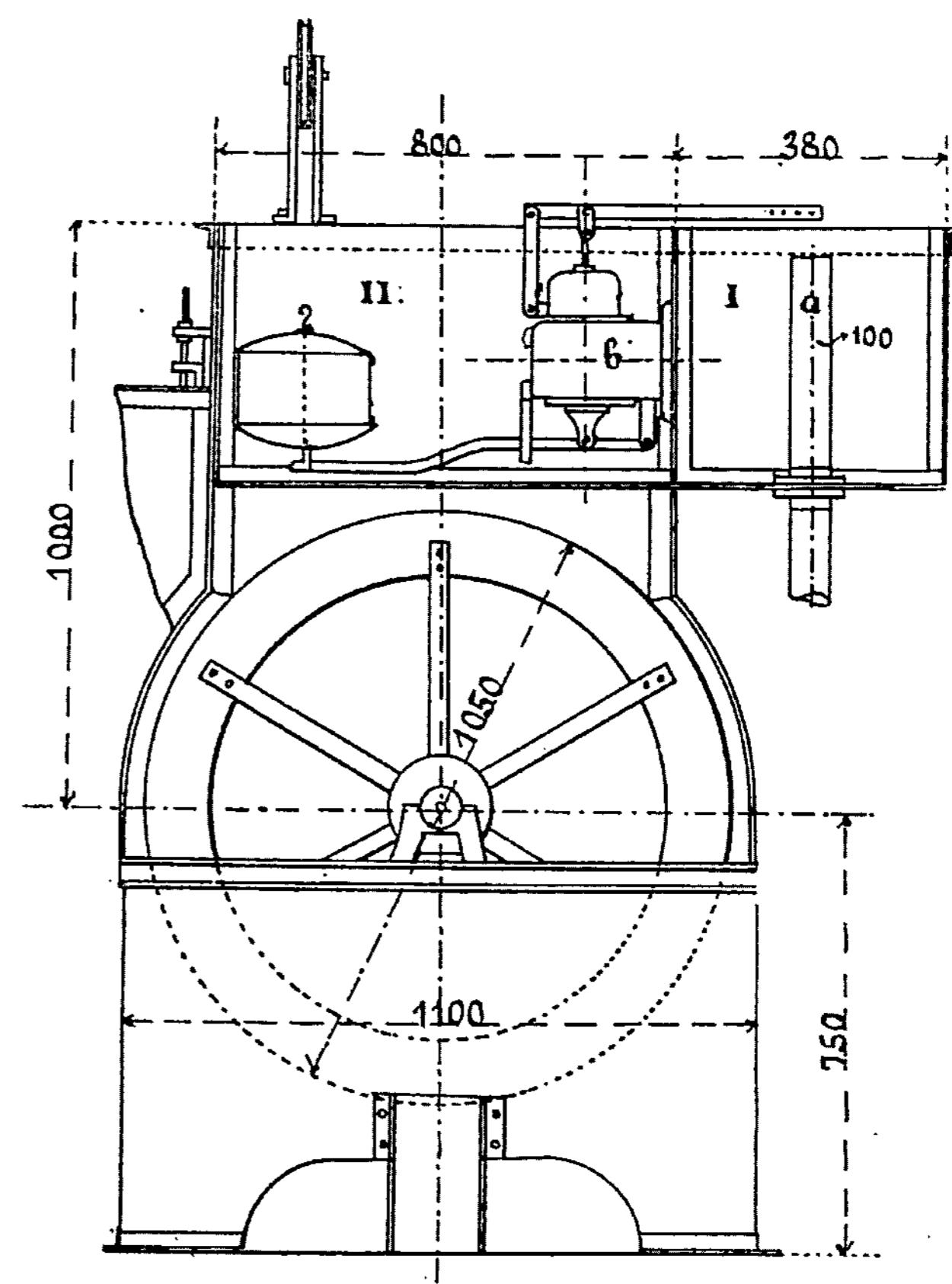
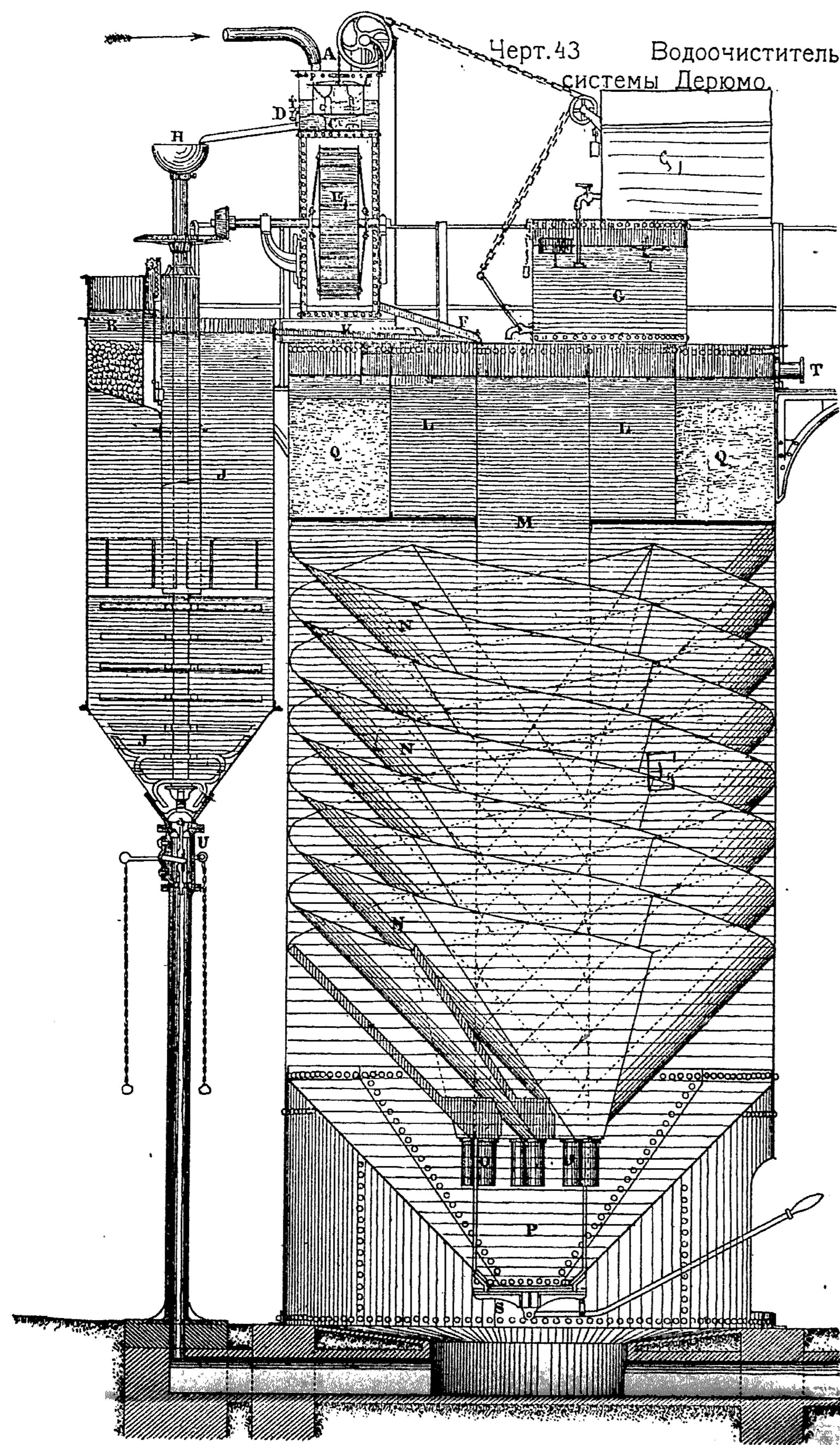
Rehmannia officinalis 11  
schwartz bl. bl. abweichen



Черт. 39.

Однокомпонентное обогревание воды в баке



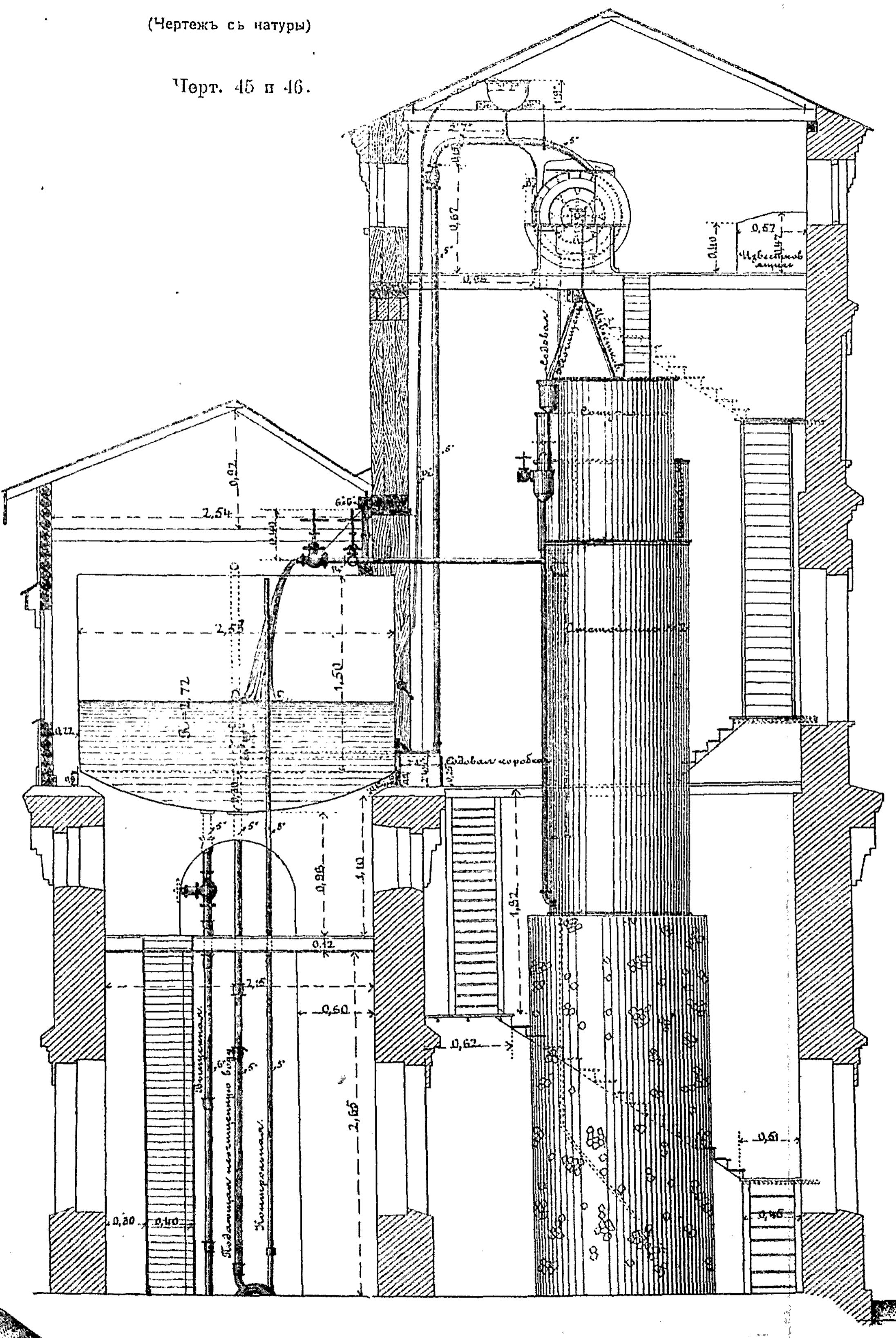
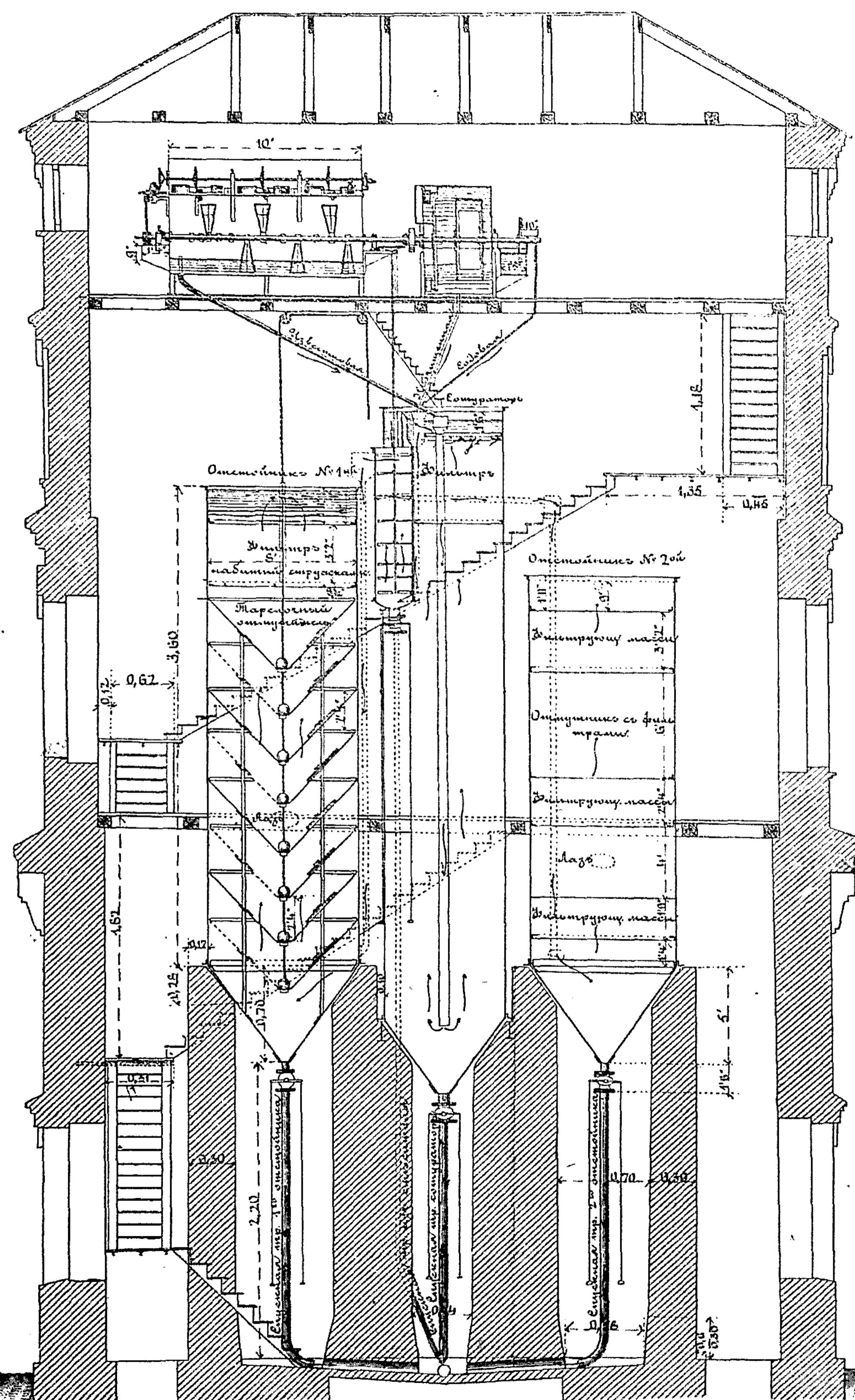


Черт. 43 и 44.

Водоочистительный аппаратъ сист. инженера Гинзбурга на ст. Джебель  
Средне-Азіатской жел. дор.

(Чертежъ съ натуры)

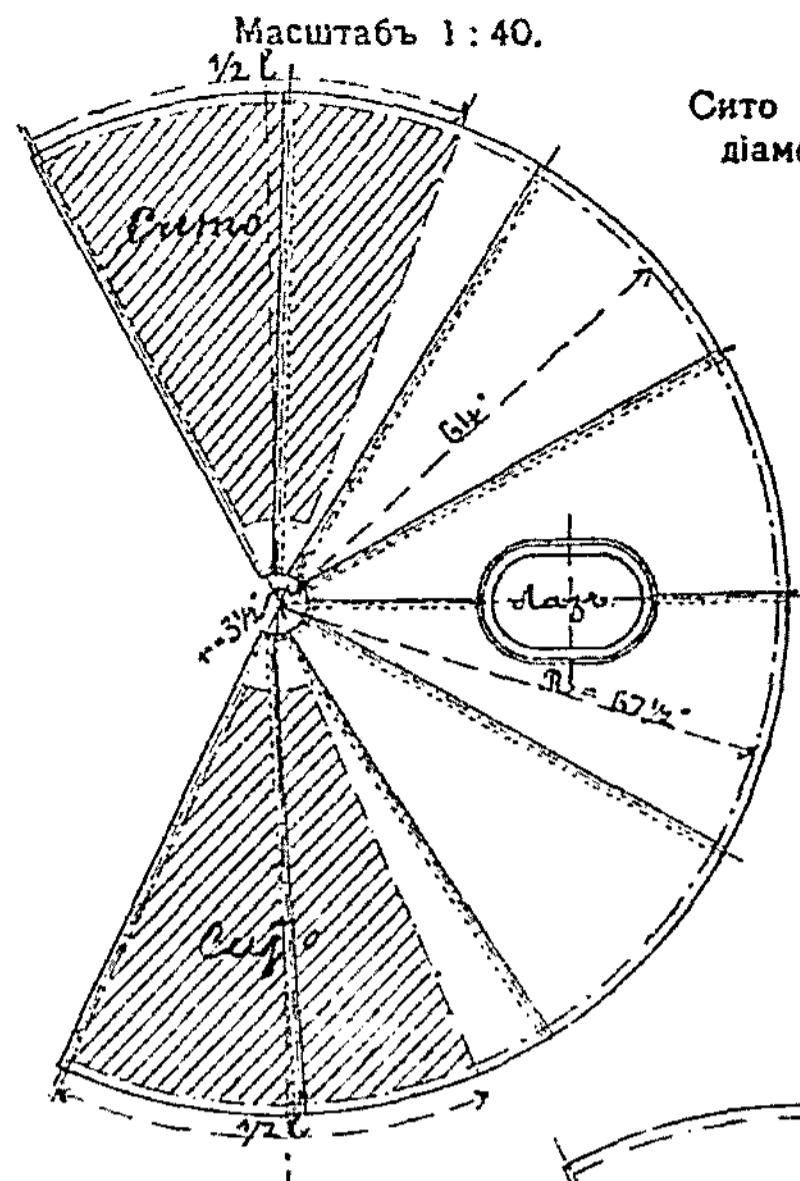
Черт. 45 и 46.



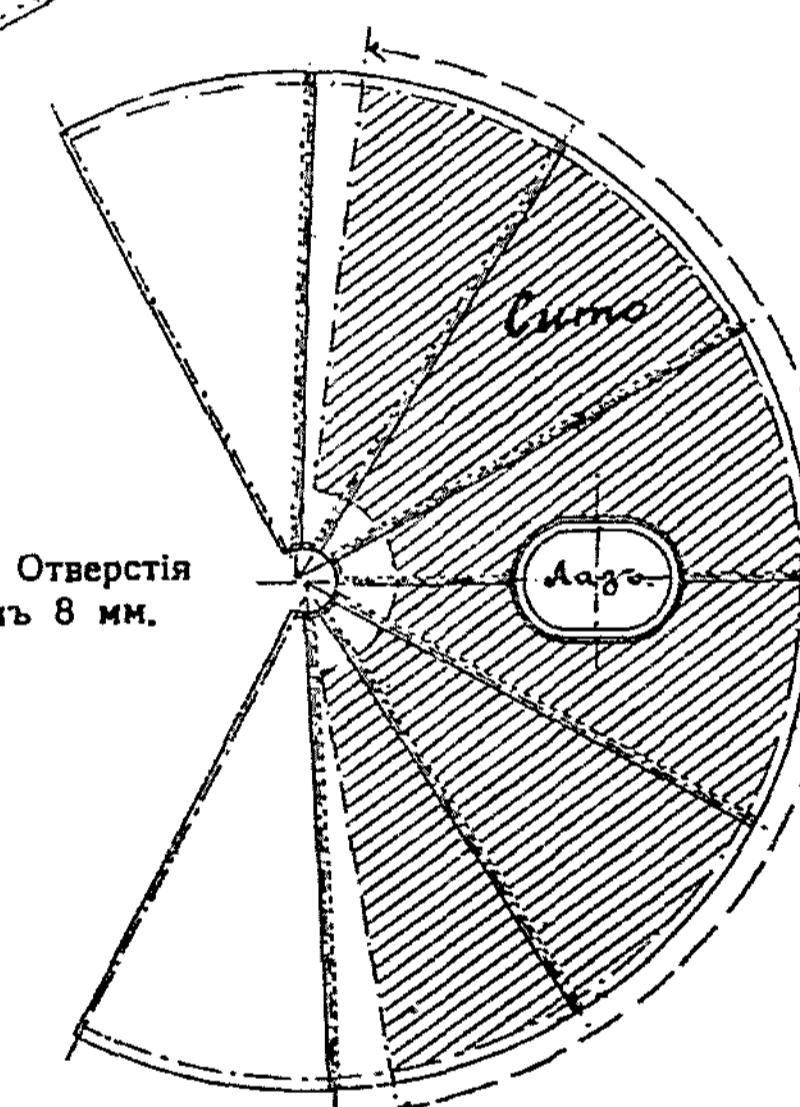
## Патентованныя сита къ водоочистителю.

Масштабъ 1 : 40.

**Сито № 1. Отверстія  
діаметромъ 16 мм.**

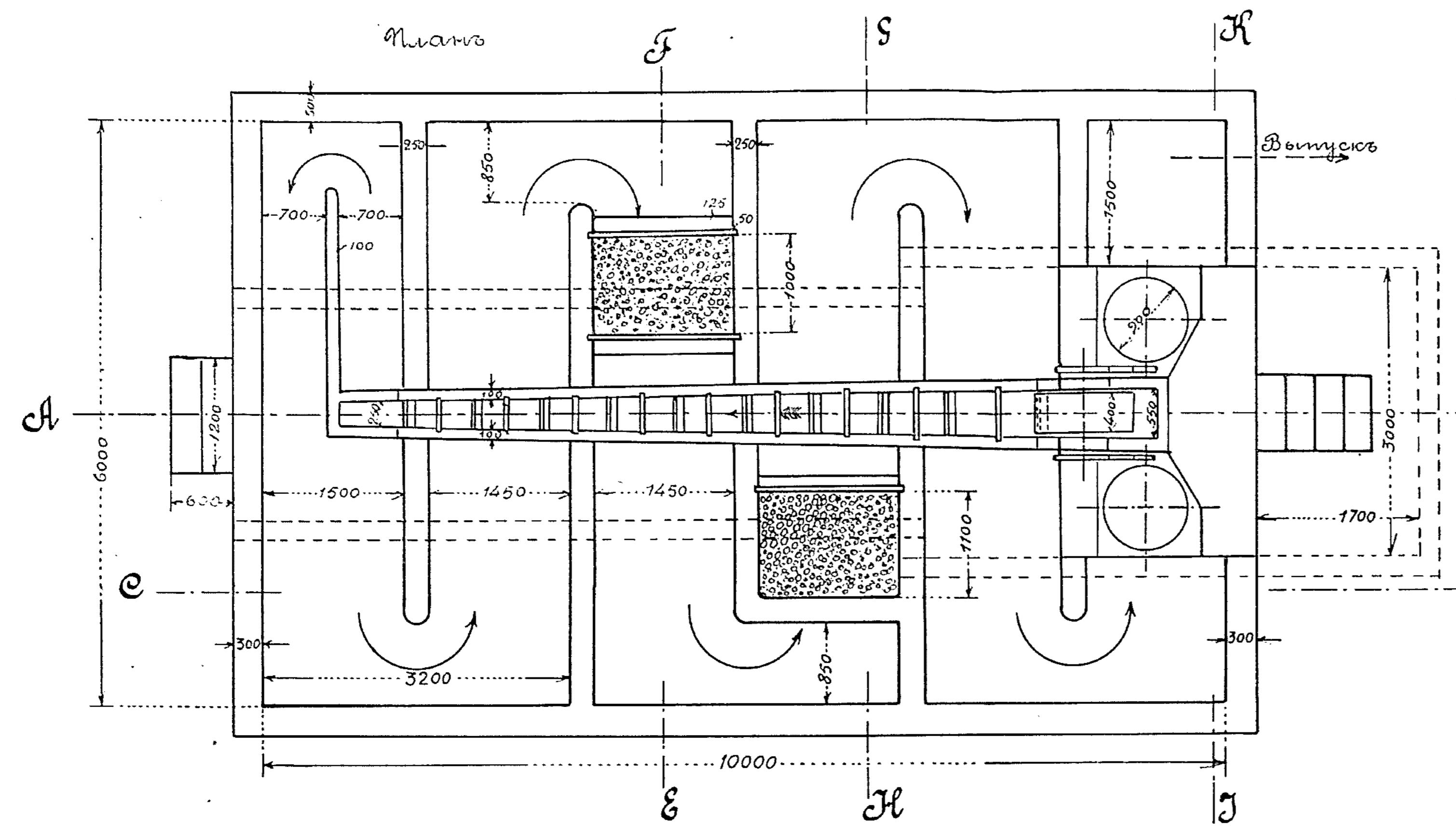


Сніт № 6. Отвєрстія  
діаметромъ 8 мм.

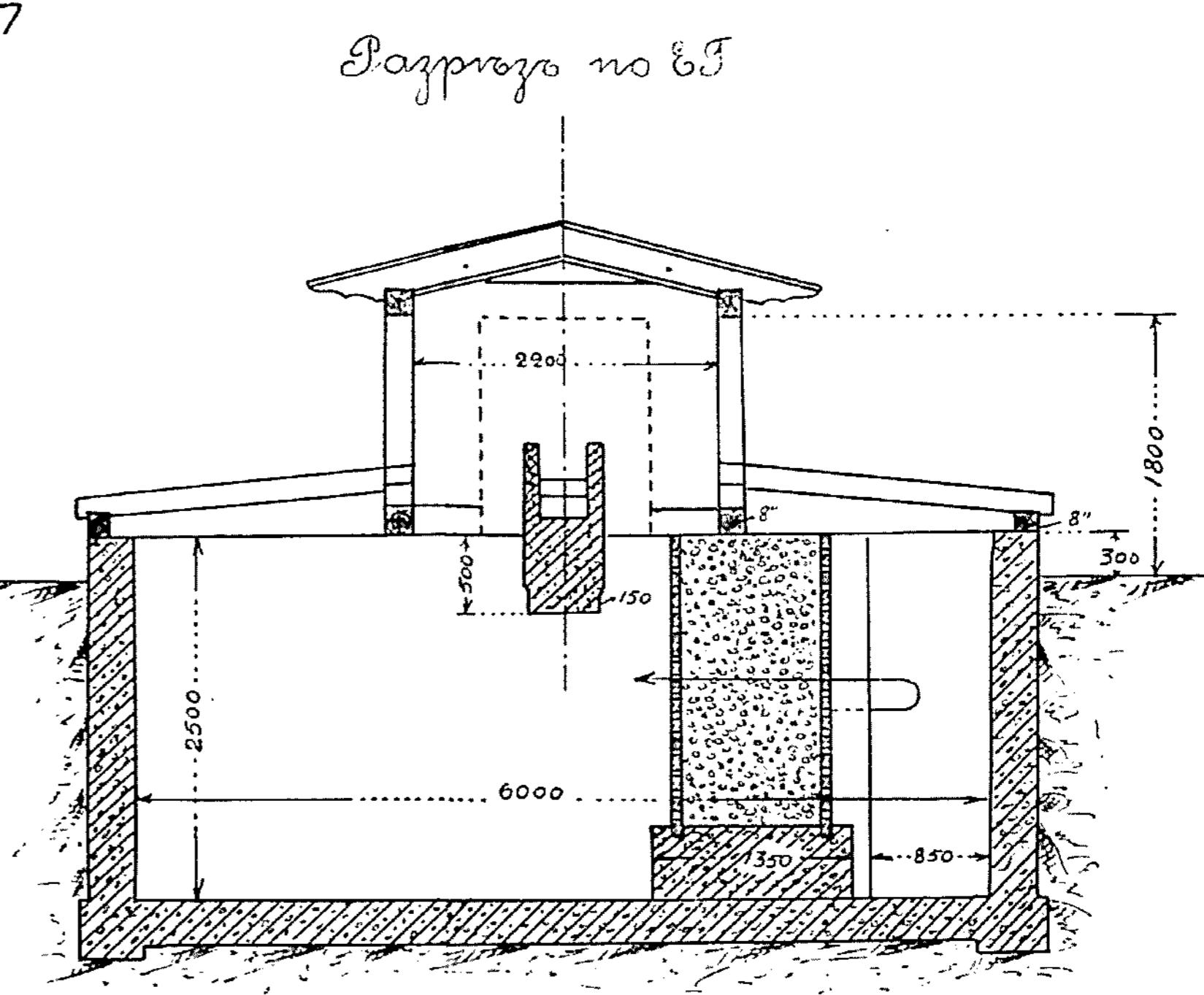


Сито № 8. Отверстія  
діаметромъ 6 м.м.

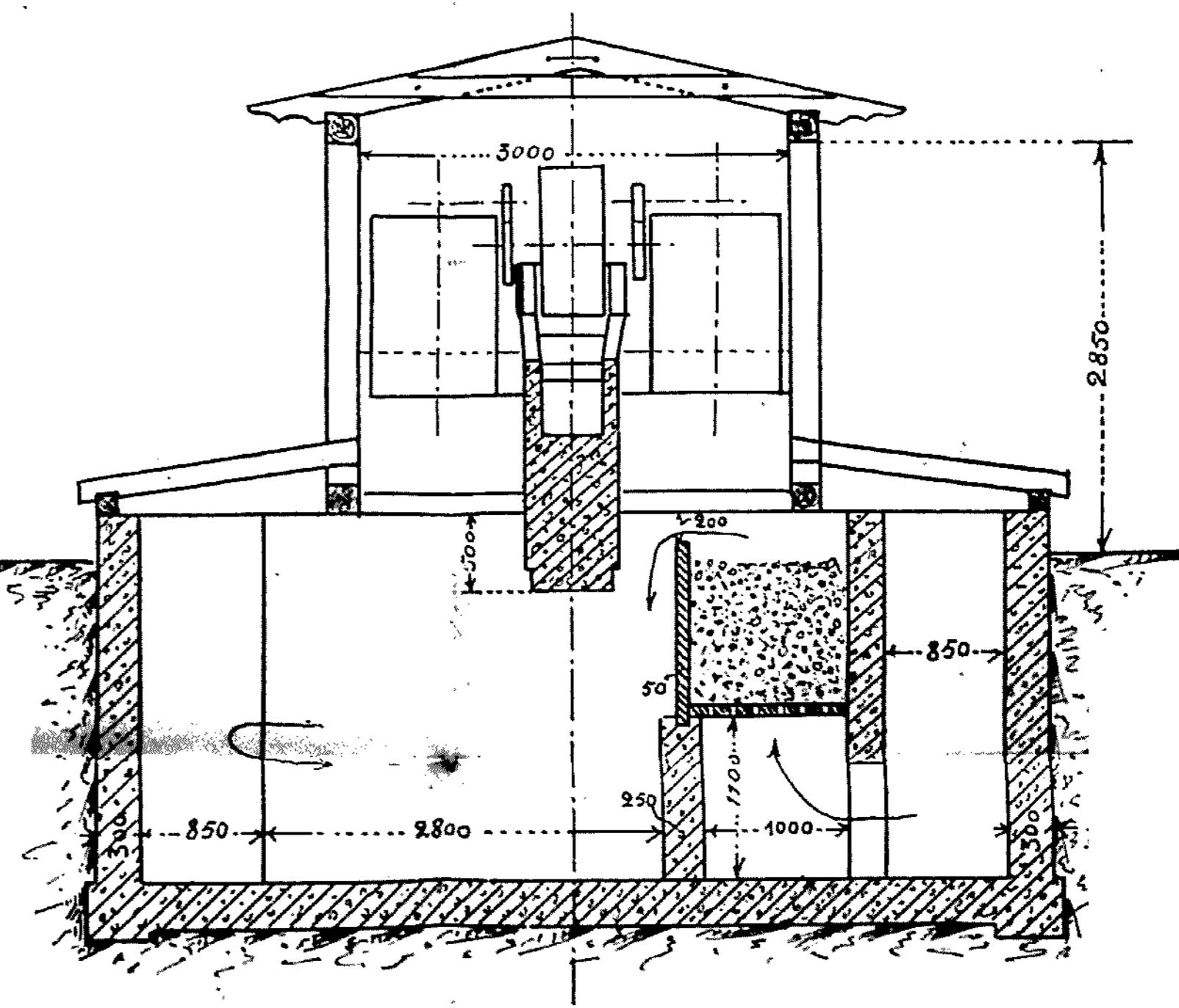
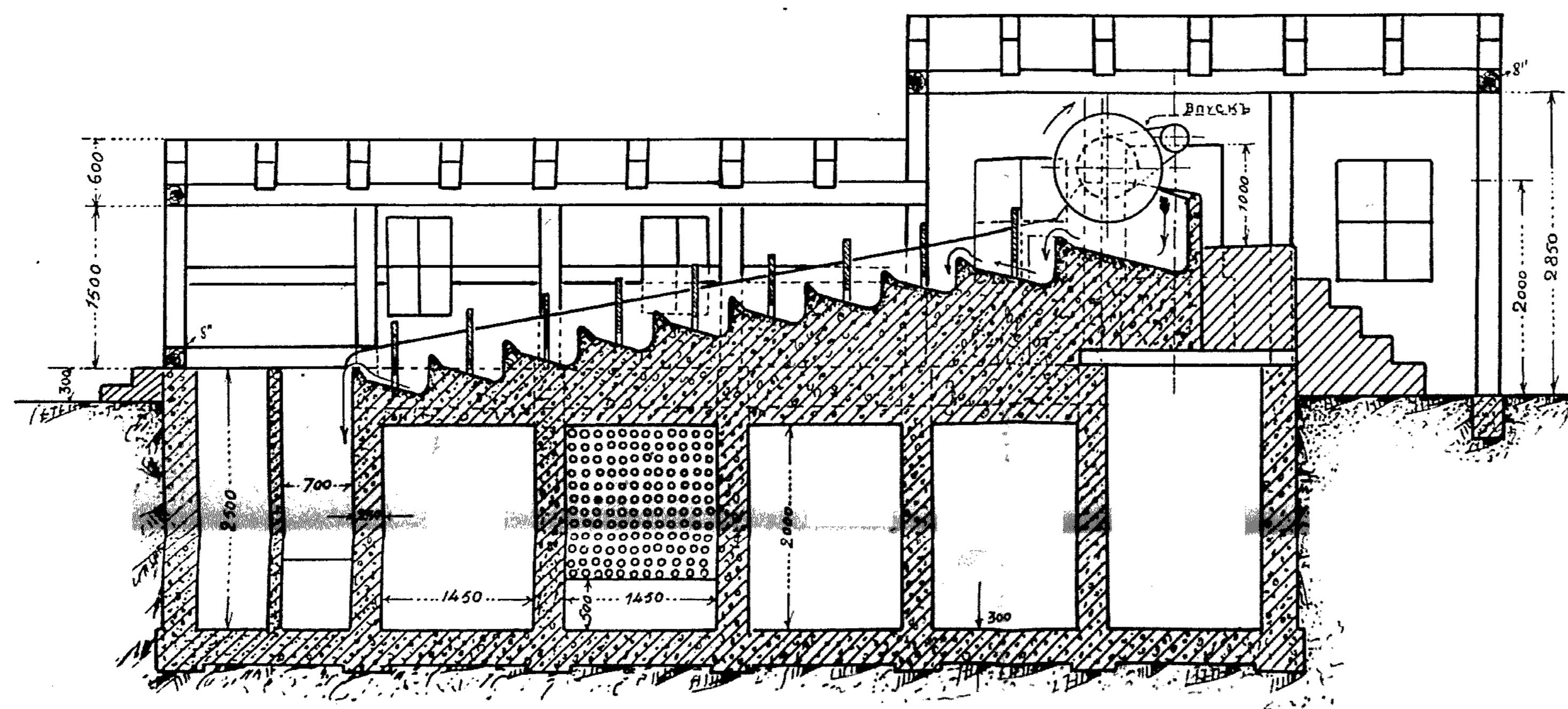
Аппарат для измерения воссемистости и оцифрования в.о.в.  
использовано 60 к.с.сек. Для ст. Покоти Екатер. жел. Зар.



## Разделы по АБ



## Газеты и СМИ

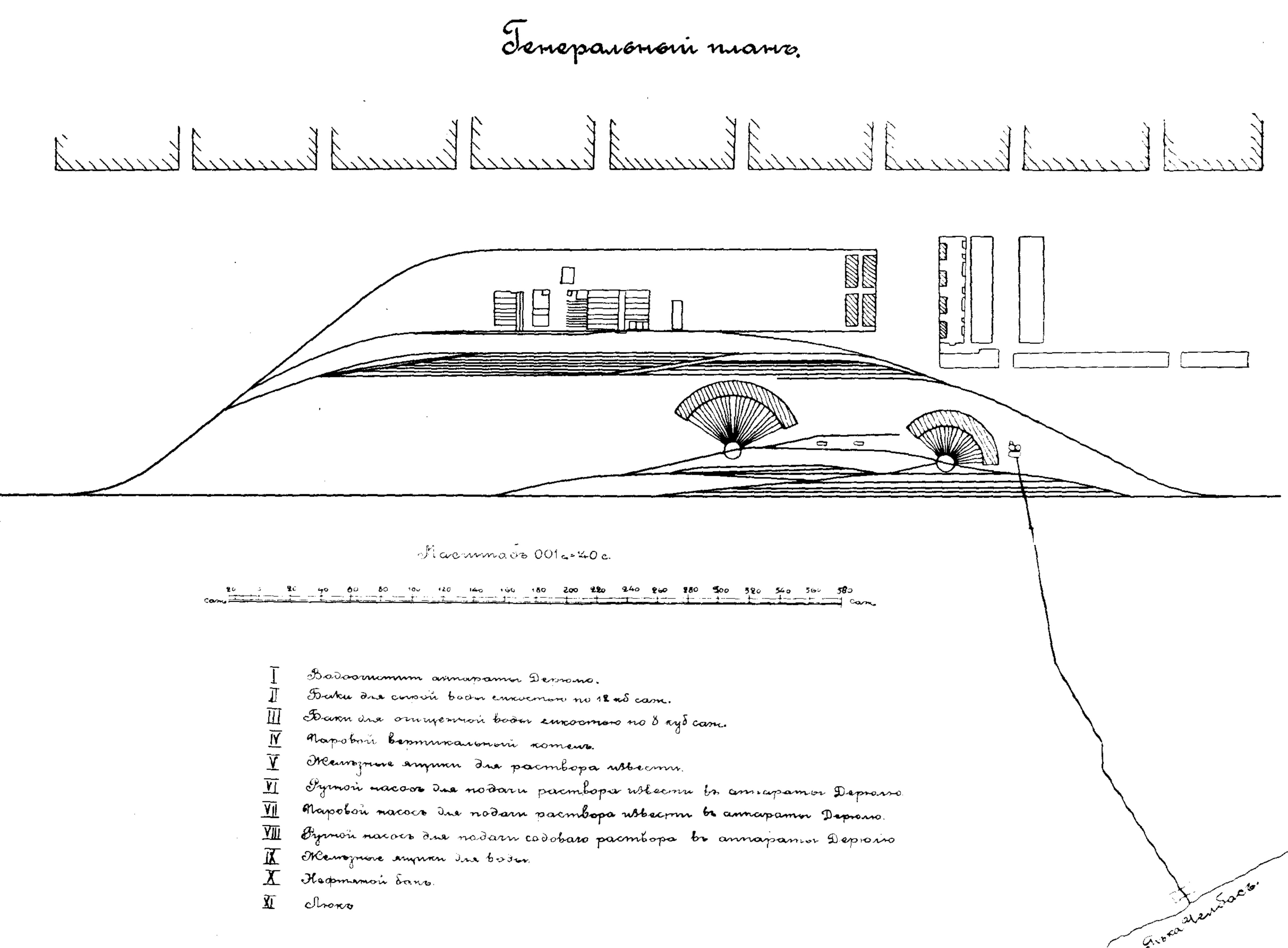
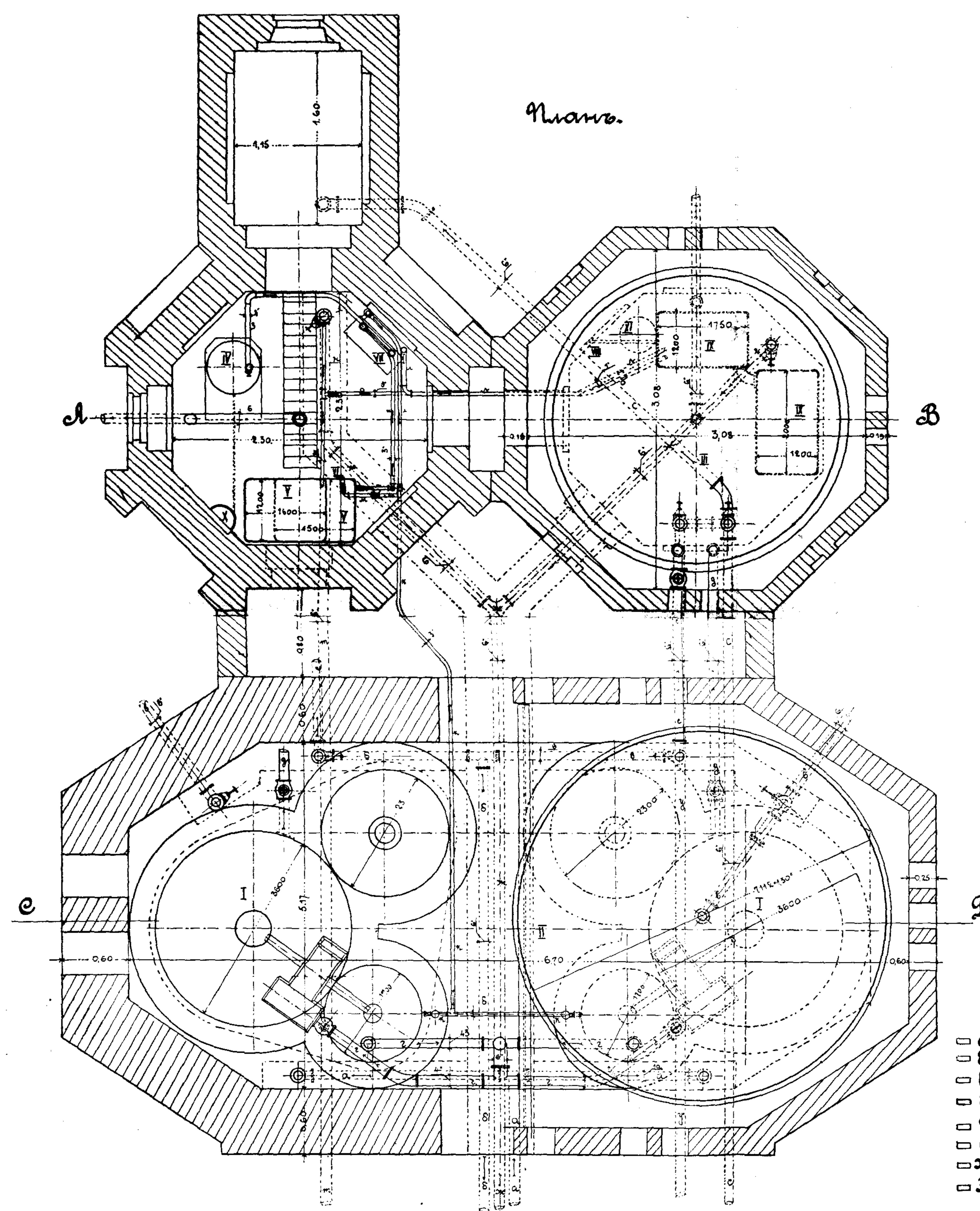
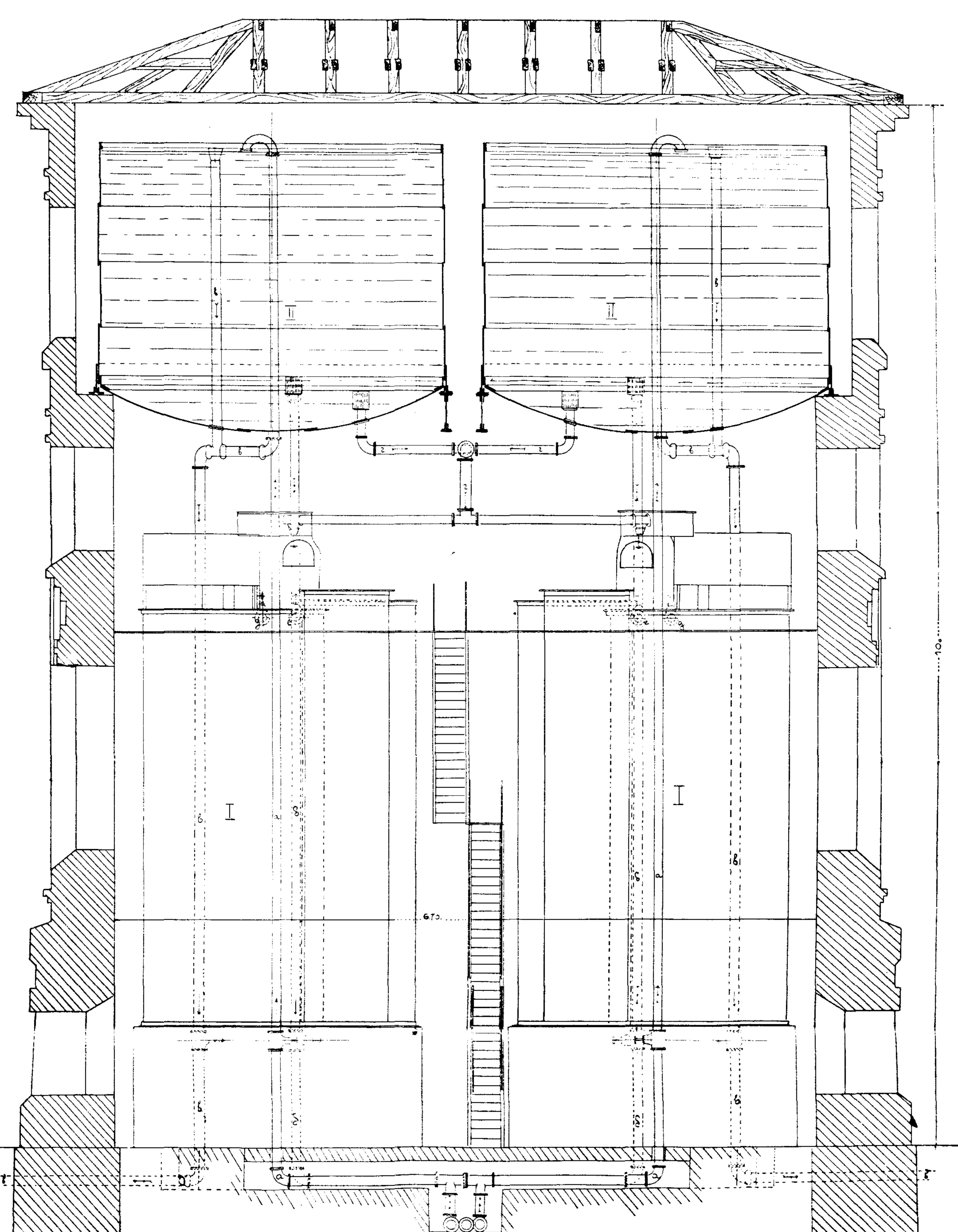
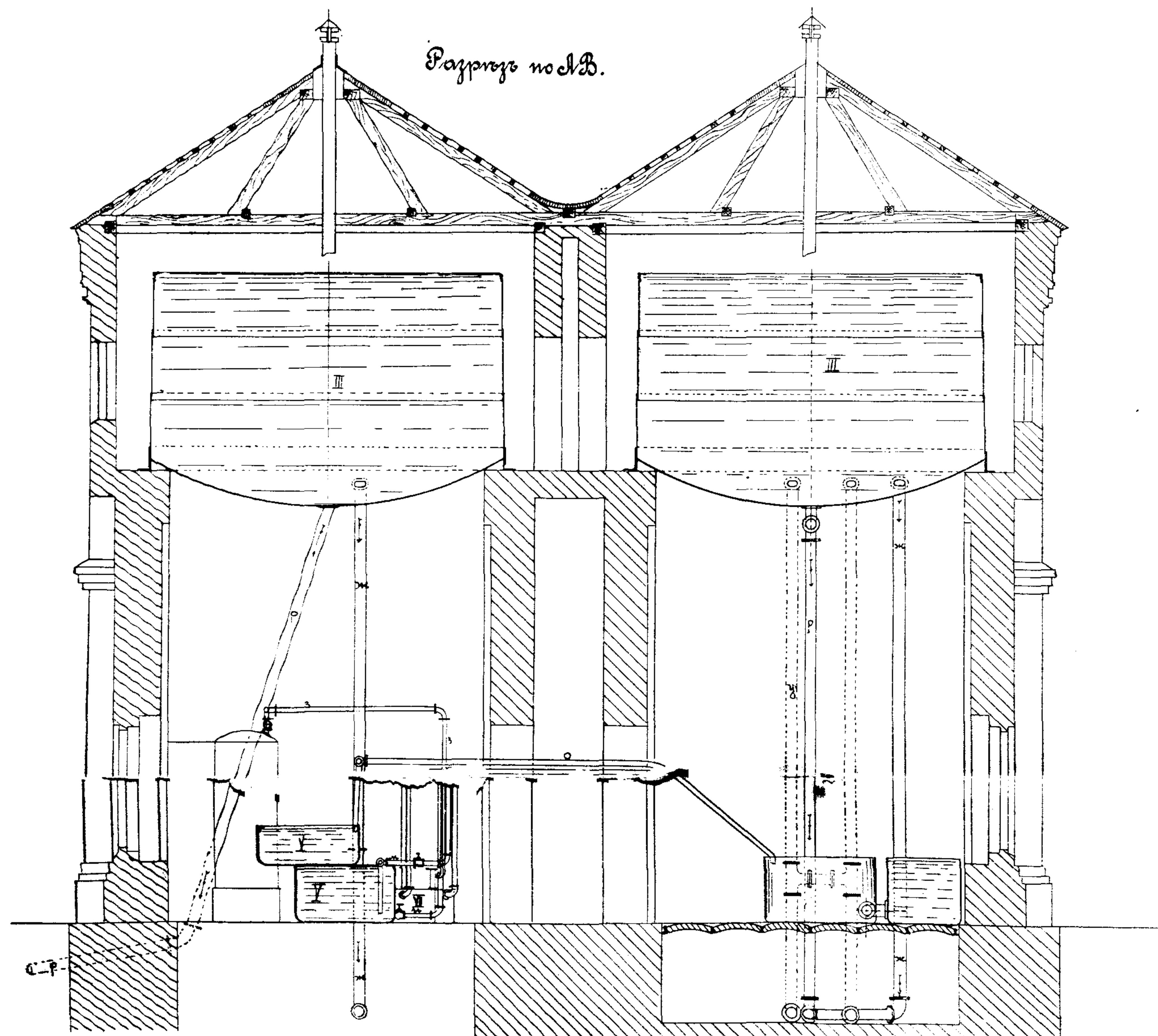


Черт. 47.

Расположение аппарата  
Дергомо со принадлежностями  
в новом водони здании

for  $\frac{1}{60}$  m.f.

Rep. 56.



Многие подают воду из:

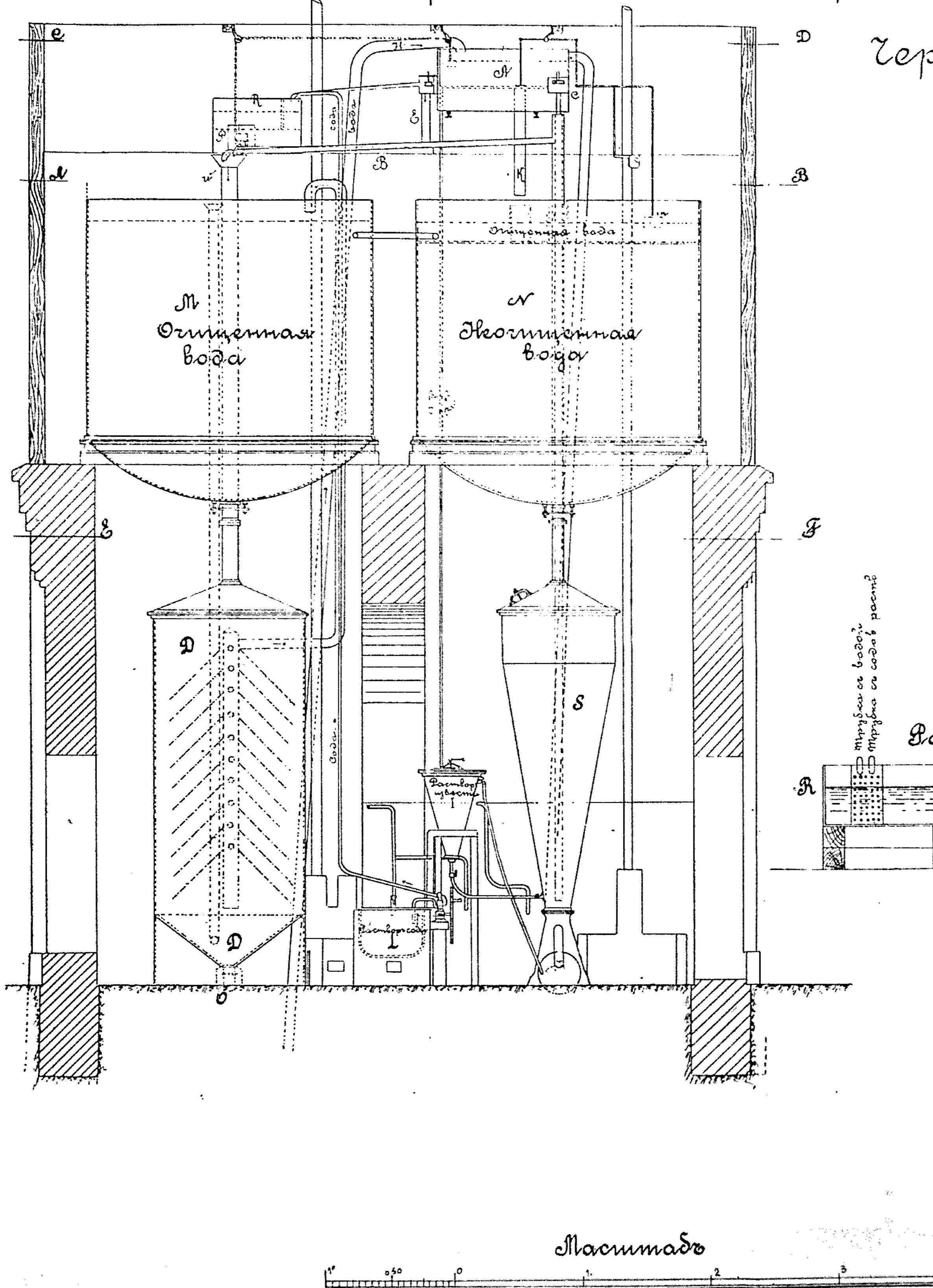
- "разбавленную сырого вина"
- "контролированную для спиртосодержащего напитка"
- "подаваемую сырого водки"
- "подаваемую охлажденную"
- "подаваемую сырого водки"
- "разбавленную охлажденную"
- "наливая ее настойку VII".

Мруда висорваша ювековий растворъ бѣ масъ.

- подаютъ ювековий растворъ бѣ амасъ Девоно.
- подаютъ переработанный паръ бѣ содовои яички.
- подаютъ ювековий растворъ рукою въ масъ.
- подаютъ боды бѣ яички для раствора ювека.
- подаютъ боды бѣ яички для раствора соды
- подаютъ содовую боду бѣ амаранта Девоно.
- Для струка осадковъ изъ бака II
- Подаютъ боду изъ Чайка бѣ существующими амасъ Девоно существующими
- раздаютъ омлетную изъ бака III.
- подаютъ боду изъ Чайка бѣ бакъ I.

Водоочистительной аппаратуры системы

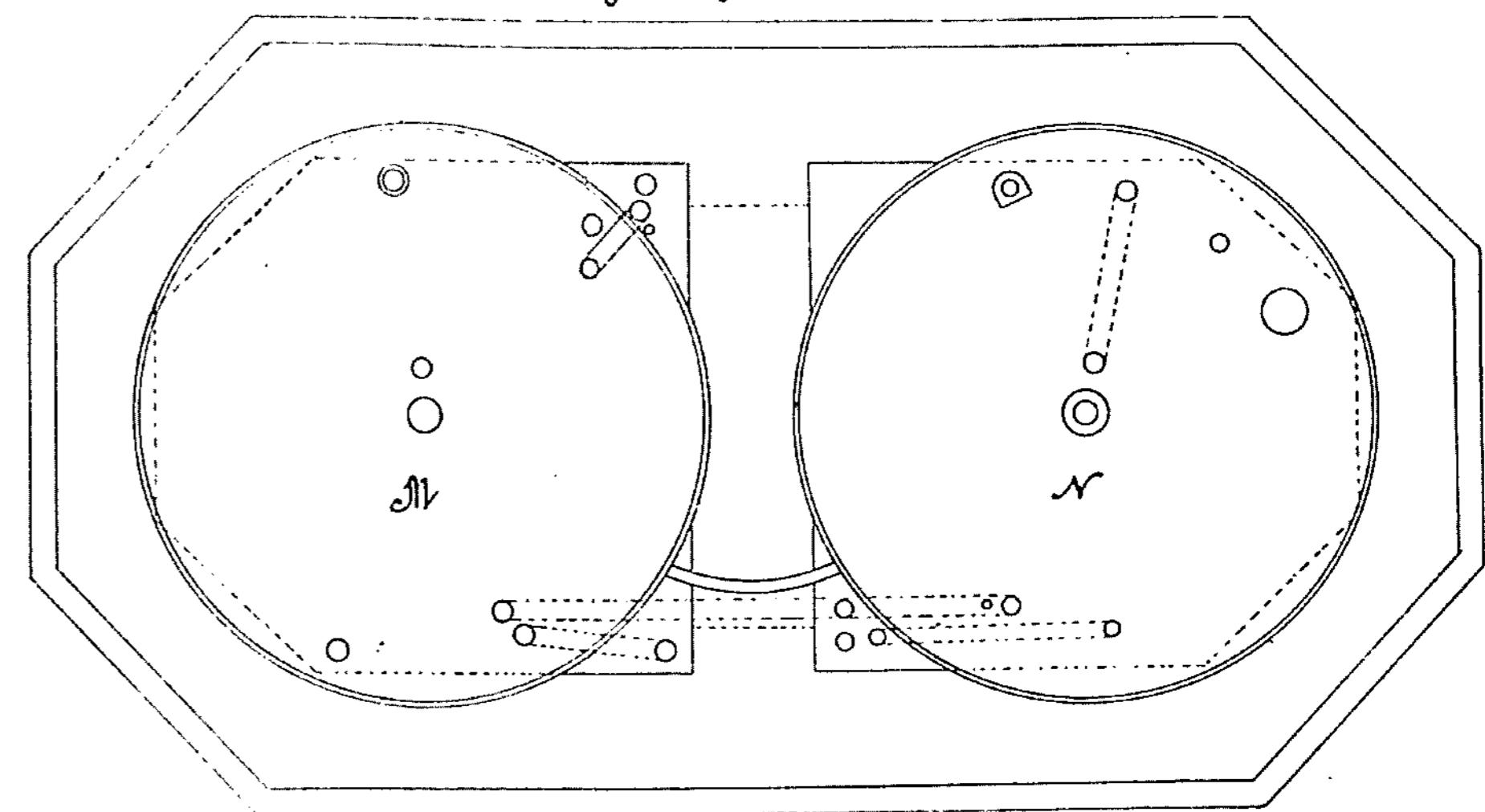
Фасад аппарата



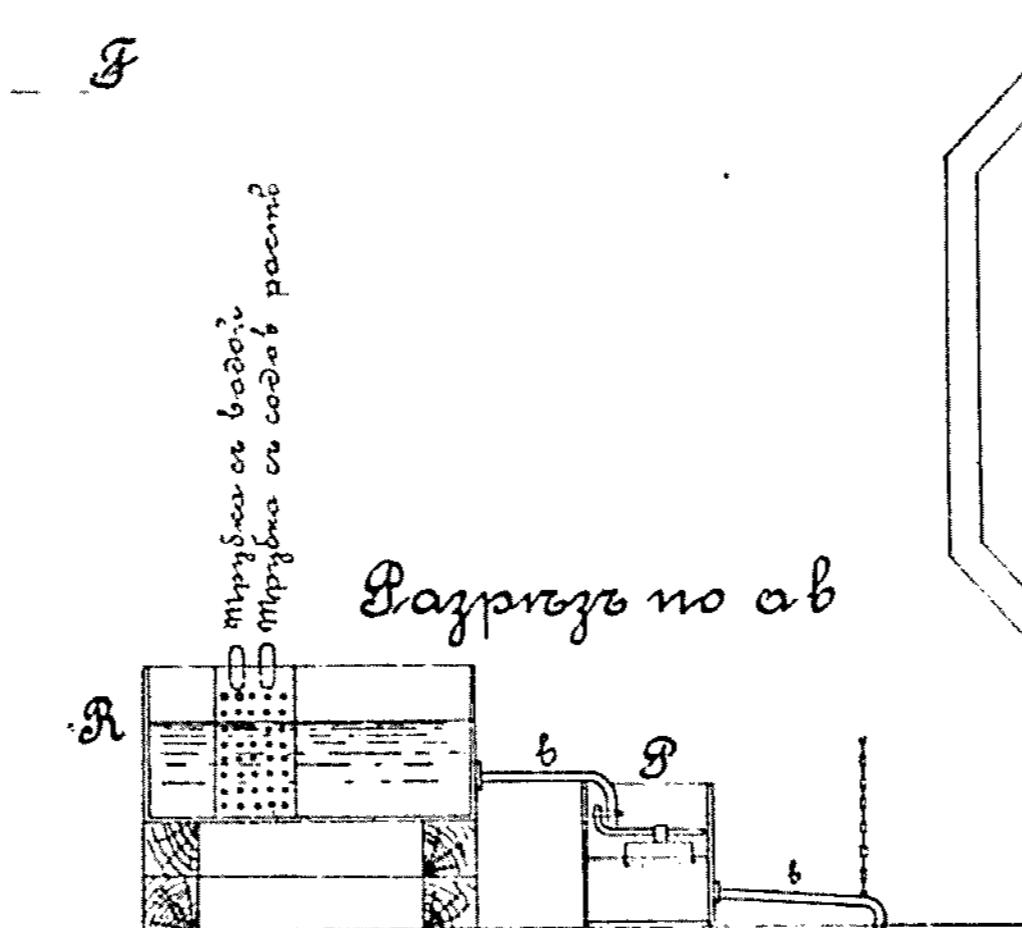
Дерво на с. Борово.

Черт. 67 б.

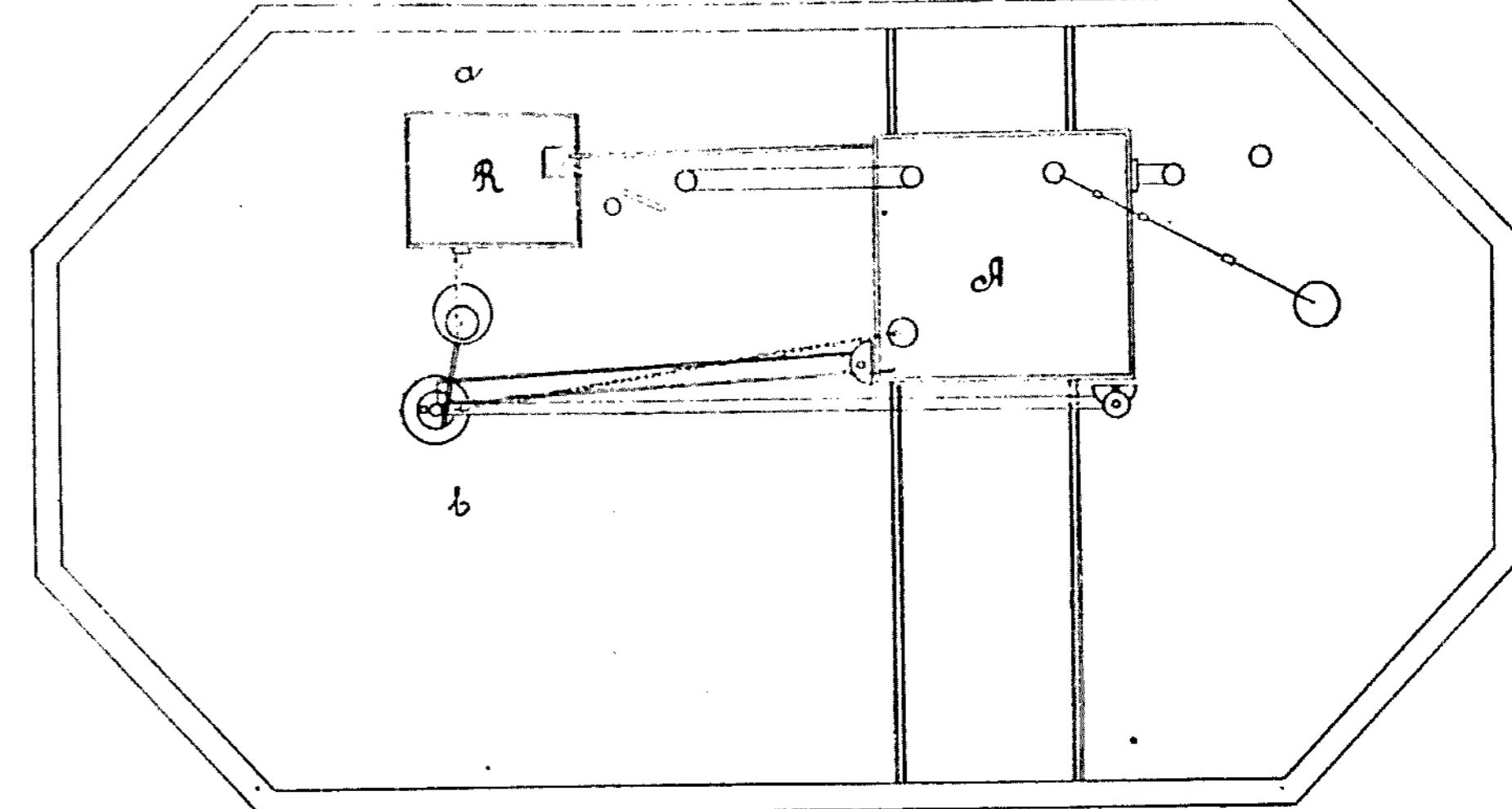
Разрез по АВ.



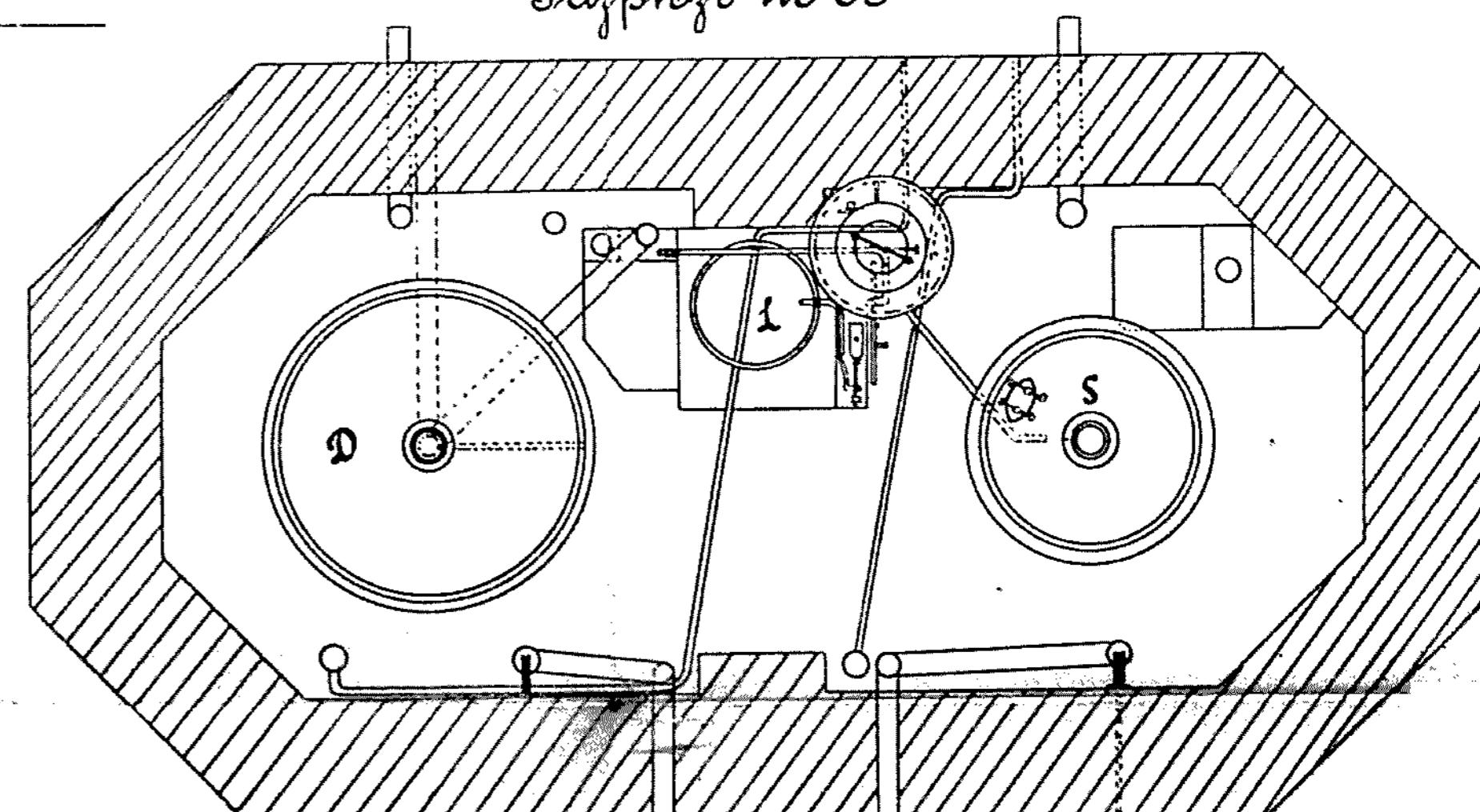
Разрез по СД.



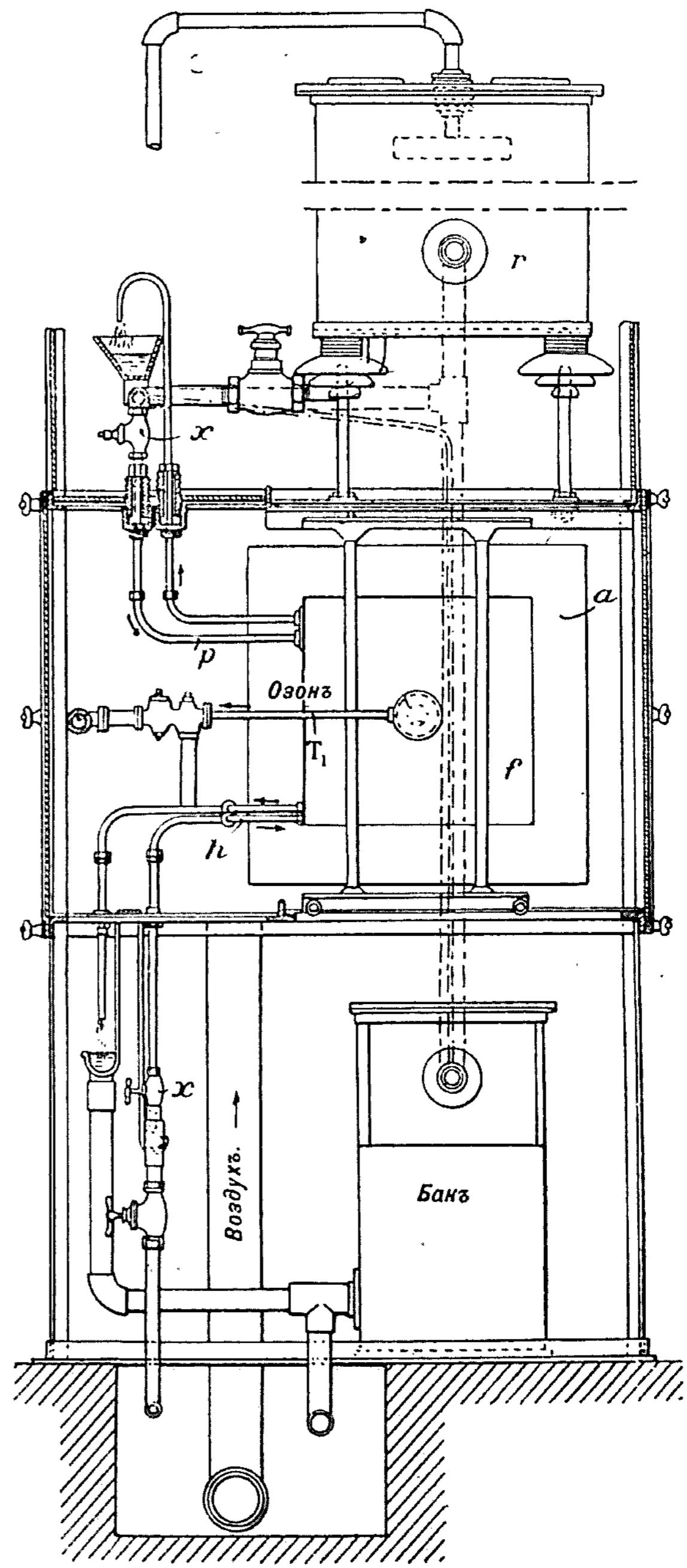
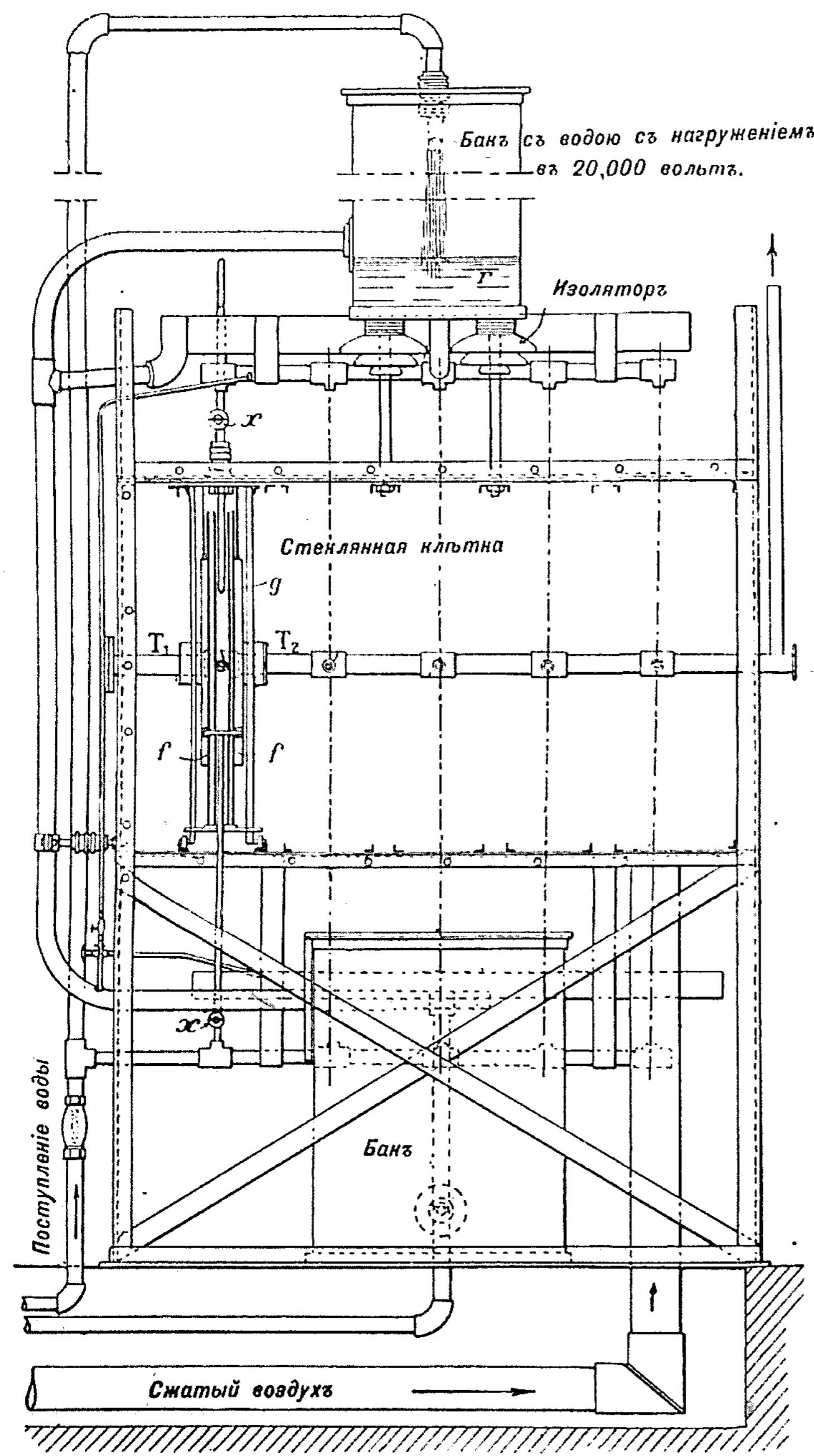
Разрез по СД



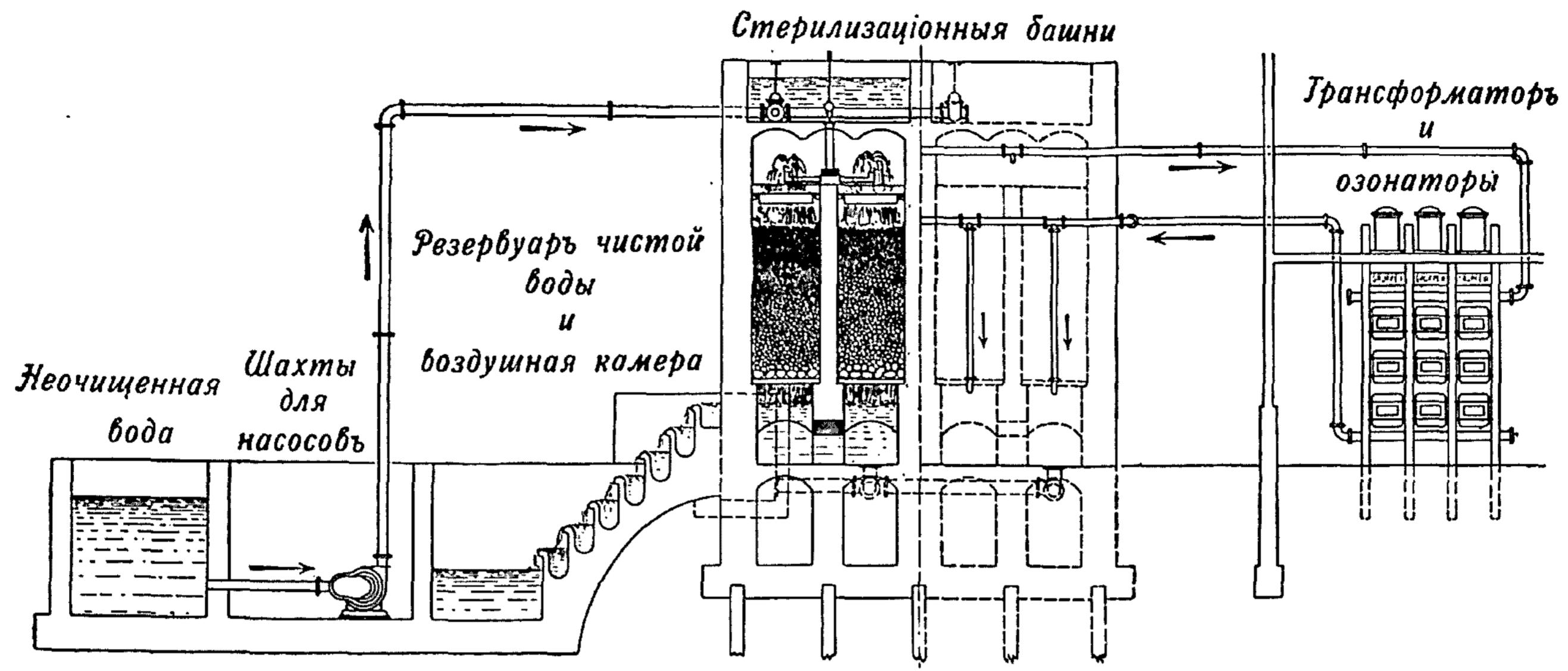
Разрез по EF



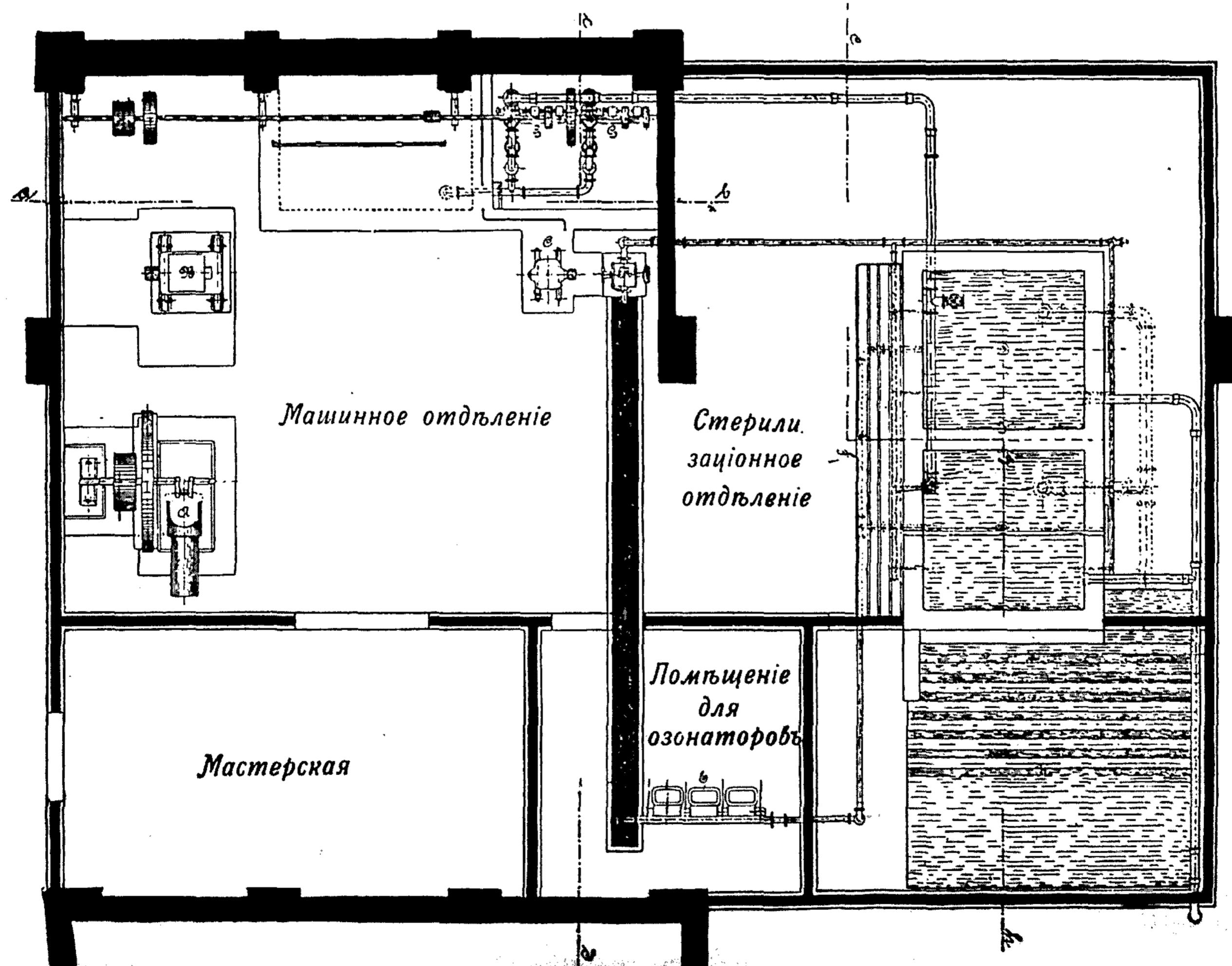
Максимадъ



Черт. 74.



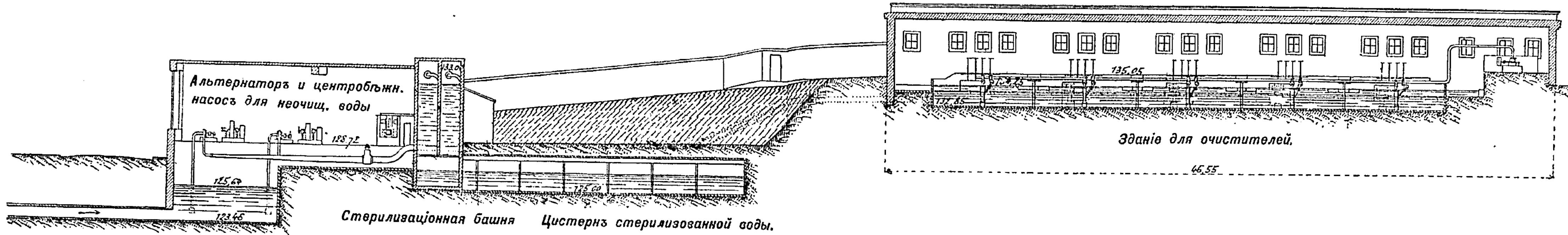
Черт. 79.



Черт. 80.

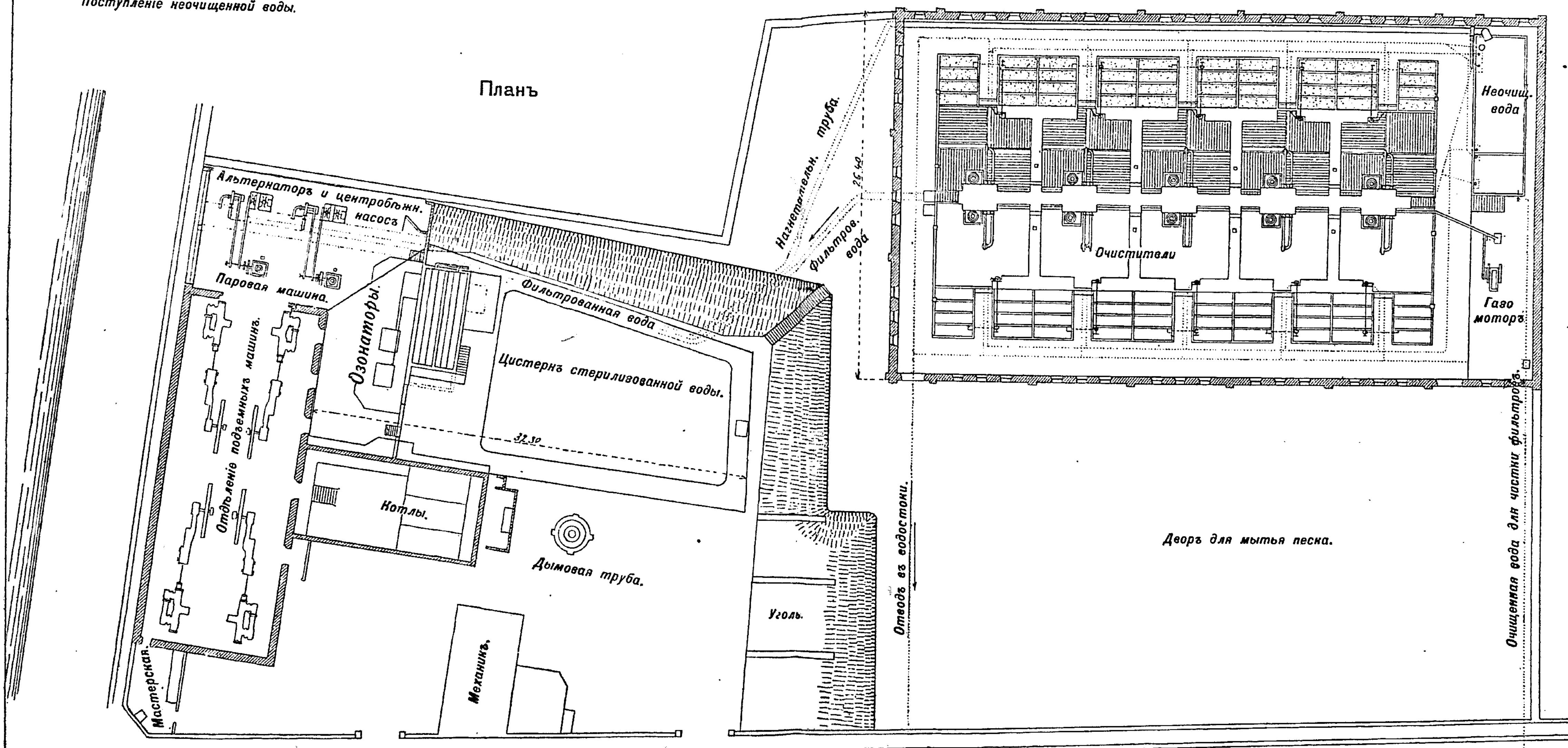
Черт. 85 и 86.

Продольный разрезъ.



Поступление неочищенной воды.

Стерилизационная башня    Цистернъ стерилизованной воды.



Дверь для мытья песка.

Отводъ от водостоки.

Уголь.

Дымовая труба.

Механика.

Мастерская.

Планъ

И с п а р и т о л я

Черт. 97.

# Схема опрѣснителя сис. „Ягна“

на ст Учъ-Аджи.

## ОБЪЯСНЕНИЕ.

Паръ

Соленая вода

Труба изъ сб рного бассейна къ напорному ст. баку.

Прѣсная вода (конденсированная).

