

ПРОВЕРЕНО

Редакторы:

Разведочн. отд. — Б. П. Некрасов. Горный — А. И. Аристов. Обогащение — Ясюкевич, С. М. Металлург. — Я. П. Подольский. Золото и платина — И. Н. Пласин. Обработка — Е. Г. Деречей. Экономический — И. В. Бузников.

# ЗА ОВЛАДЕНИЕ ТЕХНИКОЙ

В ЦВЕТНОЙ И ЗОЛОТОПЛАТИНОВОЙ  
МЕТАЛЛОПРОМЫШЛЕННОСТИ.

ОРГАН ВСЕСОЮЗНОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ

«ЦВЕТМЕТЗОЛОТО»

Адрес редакции:

Москва, Центр,  
Ветошный, 15,  
тел. 82-48.

Ответственный

редактор

П. Ф. Симонов.

№ 2

ГОД ИЗДАНИЯ ВТОРОЙ

1932 г.

## ОЧИСТКА ГАЗОВ ПРИ ПОМОЩИ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРОВ.

(Р. Гейнрих, Берлин, «V. D. Y.» Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure. Том 74, № 7, 1930 г., стр. 193 — 199).

В большинстве отраслей промышленности и во всякого рода топках образуется большое количество пыли, дыма и тумана, благодаря трению, механическому разрушению или химическим преобразованиям. Во многих случаях эта пыль представляет собой значительную ценность, в силу чего желательно ее сохранение. В других случаях пыль, дым и отходящие газы вредны для здоровья людей, мешают росту растений или действуют разрушительно, по своим химическим свойствам, на каменную кладку, кровлю и железные конструкции зданий.

В силу этого, даже если пыль и не имеет самостоятельной ценности, иногда возникает необходимость в ее удалении.

Образование пыли и дыма достигает поразительных размеров во многих производствах. На таблице 1 представлены потери в виде пыли в важнейших отраслях промышленности. Данные, приведенные в первом столбце, показывают приблизительное содержание пыли в г/м<sup>3</sup>, определенное при наблюдениях в различных отраслях производства. В столбце 2 даются потери в виде пыли в процентах к весу готового продукта. Приведенные данные получены на основании многочисленных измерений и наблюдений над работой различных установок.

Эти цифры являются приблизительными средними цифрами, которые во многих случаях сказываются больше или меньше действительных, так как процесс образования пыли и дыма в сильной степени зависит от свойств сырья, хода работ, нагрузки установок, силы тяги и приспособлений для удаления пыли.

Уже давно была осознана необходимость возможно полного удаления пыли из всякого рода газов. В настоящее время обширная отрасль «промышленности пылеулавливания» занята успешным разрешением часто довольно сложных задач, связанных с вопросами осаждения пыли.

Вначале техника обеспыливания применяла простые камеры и каналы для осаждения пыли действием силы тяжести, при незначительной, по возможности, скорости газа. Затем стали применять циклонные и центробежные отделители, мокрые промыватели и мешочные фильтры и, наконец, за последние десять лет — электрофильтры<sup>1</sup>.

Таблица 1.

Образование пыли и потери в виде пыли в различных отраслях промышленности.

Образование пыли, дыма или тумана в отходящих газах	Содержание пыли при раб. температуре г/м <sup>3</sup>	Вспыливания тумана в % к весу готов. продукта
1. Металлургическая промышленность:		
а) доменные печи (измерено перед штабзаками . . . . .)	10 до 40	4 до 16
б) шахтные и пламенные печи для выплавки свинца и олова .	3 " 20	3 " 12
в) Конверторы для рафинирования меди . . . . .	6 " 10	3 " 6
г) Плавильные печи для латуни .	1 " 5	2 " 4
2. Химическая промышленность:		
а) печи для обжига колчедана . .	2,5 " 5	3 " 6
б) печи для обжига обманки . . .	5 " 15	6 " 15
в) сернокислотный туман отходящих концентрационных газов .	4 " 10	0,5 " 1,5
3. Газодобывающая промышленность:		
а) буровые генераторы; пыль .	5 " 50	2,5 " 25
б) буровые перегонки генераторы; смолы и масла . . . .	20 " 35	4 " 6
4. Цементная промышленность:		
а) вращающиеся печи, мокрый способ . . . . .	5 " 10	6 " 10
б) вращающиеся печи, сухой способ . . . . .	8 " 20	8 " 20
в) сушилки для сырья . . . . .	20 " 80	8 " 25
г) цементные мельницы . . . . .	20 " 50	3 " 6
5. Сушильная промышленность:		
а) сушилки для глинозема и установок для прокалывания . . . .	30 " 100	10 " 25
б) сушилки для калийной соли . .	5 " 20	3 " 8
в) сушилки для известки, гипса, песка . . . . .	5 " 50	4 " 20
6. Угольная промышленность:		
а) трубчатые сушилки для бурого угля . . . . .	12 " 25	6 " 12
б) сушилки для каменного угля .	10 " 20	3 " 5
в) внутреннее удаление пыли из мельницы . . . . .	20 " 50	2 " 3
7. Силовые станции и топки:		
а) топки для каменного угля в виде пыли . . . . .	5 " 15	4 " 8
б) колосниковые топки для каменного угля . . . . .	1,5 " 5	2 " 5
в) топки для бурого угля—сырца .	1,5 " 3	2 " 4
г) установки для сжигания мусора .	3 " 10	2 " 5

### Устройство электрофильтров.

В электрофильтрах для отделения пыли служит сильное электрическое поле. Если целесообразно использовать электроэнергию, то для отделения пыли, даже в самых больших пылеуловителях, затрачивается немного киловатт-часов.

Простейший вид электрофильтра состоит из железной трубы диаметром от 200 до 300 мм и высотой от 3 до 5 м. По оси вертикально поставленной трубы туго натянута тонкая проволока диаметром приблизительно от 2 до 3 мм (рисунки 1 и 2). Газ, подлежащий очистке, проходит трубу в направлении снизу вверх со скоростью около 0,5—2 м/сек. Скорость меняется в зависимости от характера улавливаемой пыли и желательной степени очистки, которая может равняться 98% и более.

<sup>1</sup> Ср. V. D. I. т. 58 (1914), стр. 1674; т. 59 (1915) стр. 123; т. 64 (1920), стр. 895; т. 65 (1921), стр. 654, 10 003; т. 66 (1922), стр. 719; т. 70 (1926), стр. 253, 960 и 1324; т. 71 (1927), стр. 180 и 613.



Проволока, носящая название коронирующего электрода, получает отрицательный заряд от постоянного тока высокого напряжения (приблизительно от 40 000 до 60 000 V), труба же, или осадительный электрод, соединяется с положительным полюсом источника электричества высокого напряжения, и так как этот последний заземлен, тем самым устраняется опасность от прикосновения к нему людей. При пропускании через проволоку тока высокого напряжения, под действием сильного электрического поля, у поверхности проволоки образуется так наз. «корона», т. е. легкое шипение и голубоватый свет.

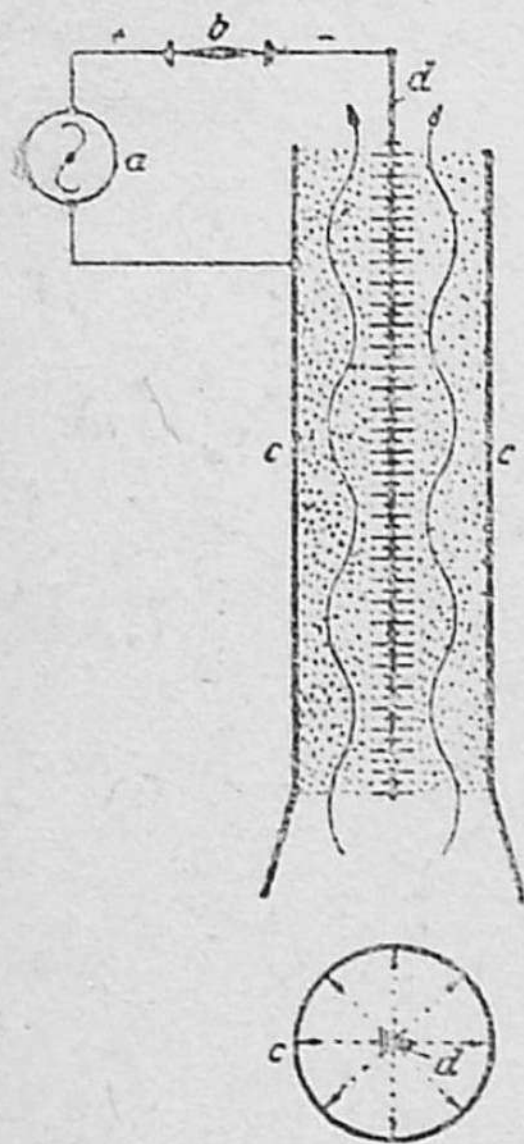


Рис. 1 и 2.

Схема устройства трубчатого электрофилтра: а — генератор переменного тока, б — выпрямитель, с — стенка трубы, служащая осадительным электродом, d — проволока, служащая коронирующим электродом.

Попадающие в газ электроны ионизируют его, т. е. передают газу электрический заряд. Взвешенные в газе частицы пыли, соприкасаясь с заряженными молекулами газа, через короткое время сами получают сильный отрицательный электрический заряд. Заряженные пылинки, под действием силового поля и электрического ветра, вызываемого потоком исходящих из коронирующего электрода ионов, движутся к положительно заряженной стенке трубы и, оседая там более или менее плотным слоем, отдают свой заряд.

Когда слой пыли достигает известной величины, пыль падает в находящийся внизу бункер.

Это происходит или под влиянием силы тяжести, или благодаря действию механического встряхивающего приспособления, обеспечивающего своевременное удаление пыли до наступления того момента, когда действие фильтра ослабнет, вследствие образования толстого слоя пыли на стенках трубы. Некоторое количество пыли отлагается постоянно и на коронирующем электроде; поэтому его также приходится встряхивать, непрерывно или через некоторые промежутки времени, так как, в противном случае, действие короны ослабевает.

Электрическое поле не препятствует потоку газа, благодаря чему электрофилтр не вносит добавочных сопротивлений. Таким образом, на осаждение пыли уходит только то очень незначительное количество энергии, которое затрачивается коронирующим электродом.

Если мы имеем дело с большими количествами газа, то трубообразные фильтры потребуют несколько больше места, чем фильтры с плоскими электродами. Поэтому в настоящее время применяют большей частью так называемые «камерные фильтры», в которых попеременно и на расстоянии приблизительно в 100 — 150 мм друг от друга расположены коронирующие и осадительные электроды.

Камеры разделяются на горизонтальные и вертикальные, в зависимости от направления движения в них газов.

При таком устройстве коронирующие электроды большей частью подвешиваются к изолированно подвешанным трубчатым рамам. Осадительные же электроды изготавливаются из гладких листов металла, из мелкоячеистой провололочной сетки, листов волнистого металла или, наконец, в виде пустых ящиков из листового

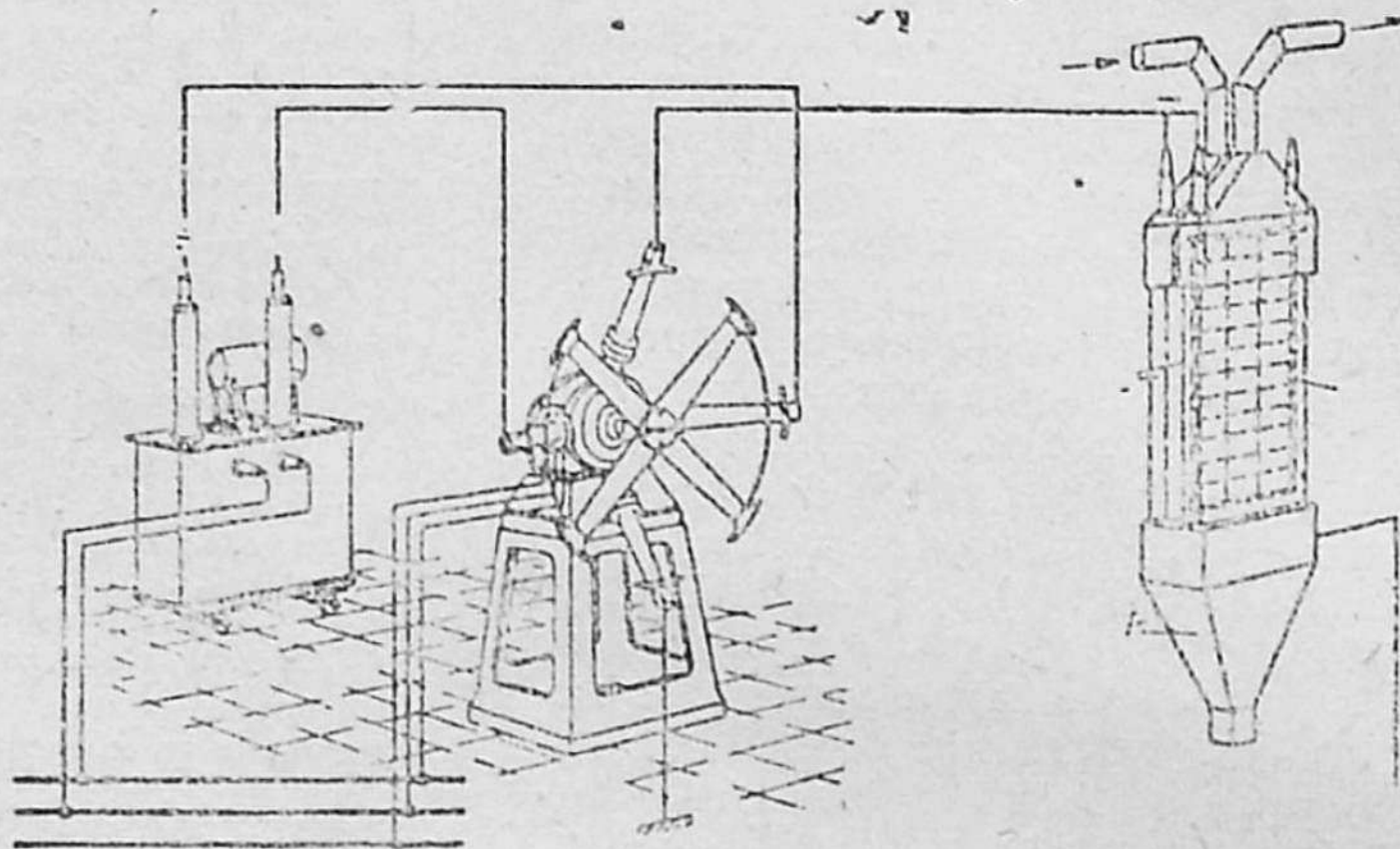


Рис. 3. Схема соединений выпрямителя высокого напряжения и камеры электрофилтра.

железа, снабженных отверстиями для улавливания осаждаемой пыли (конструкция Акц. О-ва Сименс-Шуккертверке, Берлин-Сименсштадт). Эти

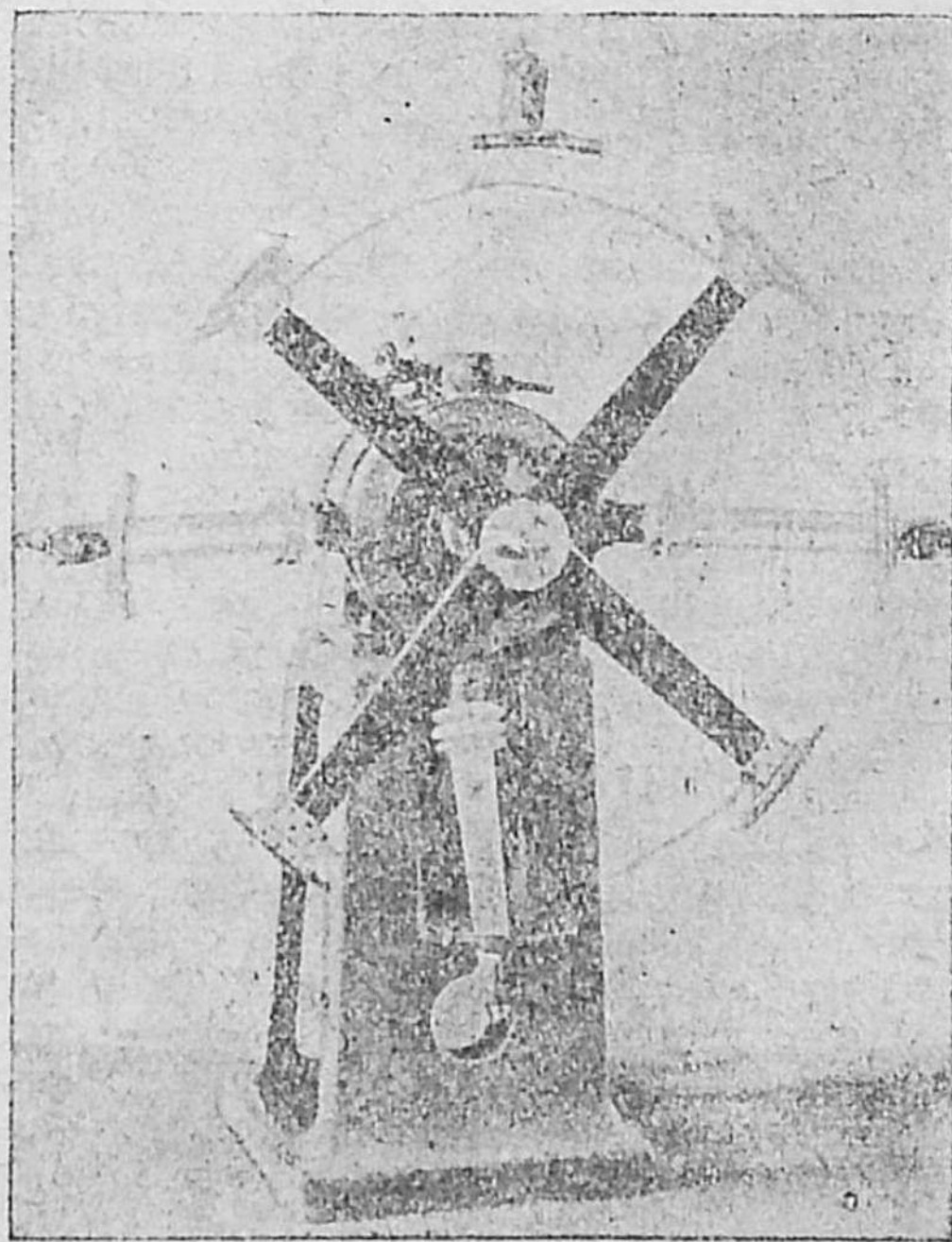


Рис. 4. Механический выпрямитель для тока высокого напряжения.



обладающие высоким полезным действием электроды дали за последние годы очень хорошие результаты, особенно при постройке крупных установок. Хорошие результаты достигались благодаря тому, что пыль, попавшая внутрь электрода, была защищена от газового потока; кроме того конструкция электродов обеспечивала надлежащую передачу пыли в бункер даже при максимальной (8 — 9 м) высоте камеры.

Постоянный ток высокого напряжения, служащий для отделения пыли, получается из переменного тока высокого напряжения при помощи очень простого и надежного механического выпрямителя.

Недавно начали применять катодные выпрямители. Схема соединения выпрямителя с нормальной фильтровальной камерой для очистки келошникового газа представлена на рис. 3, а механический выпрямитель конструкции Сименс-Шуккертверке на рис. 4. Необходимые для работы электрофильтра трансформаторы высокого напряжения изготавливаются на 5, 10, 20 и 30 kVA и 70 000 V. Долголетний опыт позволил приспособить их к особенностям работы электрофильтров.

На рис. 5 дана схема включения кенотронного выпрямителя, а на рис. 6 — изображение подобного выпрямителя.

Выпрямительные установки для фильтра занимают сравнительно мало места. В большинстве случаев для установки высокого напряжения требуется площадь не больше  $3,5 \times 4,5$  м<sup>2</sup> при высоте помещения в 3,5 м. На рис. 7 изображена группа из четырех механических выпрямителей для большой установки, сборные шины и выключатели высокого напряжения.

Пульсирующий постоянный ток высокого напряжения, получаемый при помощи этих выпрямителей, подводится к коронирующим электродам электрофильтра по кабелю высокого напряжения или по голому проводу. Сила тока для фильтра в зависимости от величины установки колеблется в пределах приблизительно

от 0,01 до 0,5 А, являясь, таким образом, крайне незначительной, ибо даже в самых крупных установках, напр. двухкамерных фильтрах на 1 000 000 м<sup>3</sup>/ч (в круглых цифрах) дымовых газов, она равняется 0,5 А.

Возможность возникновения значительных токов короткого замыкания ограничена особенностями конструкции выпрямительной установки.

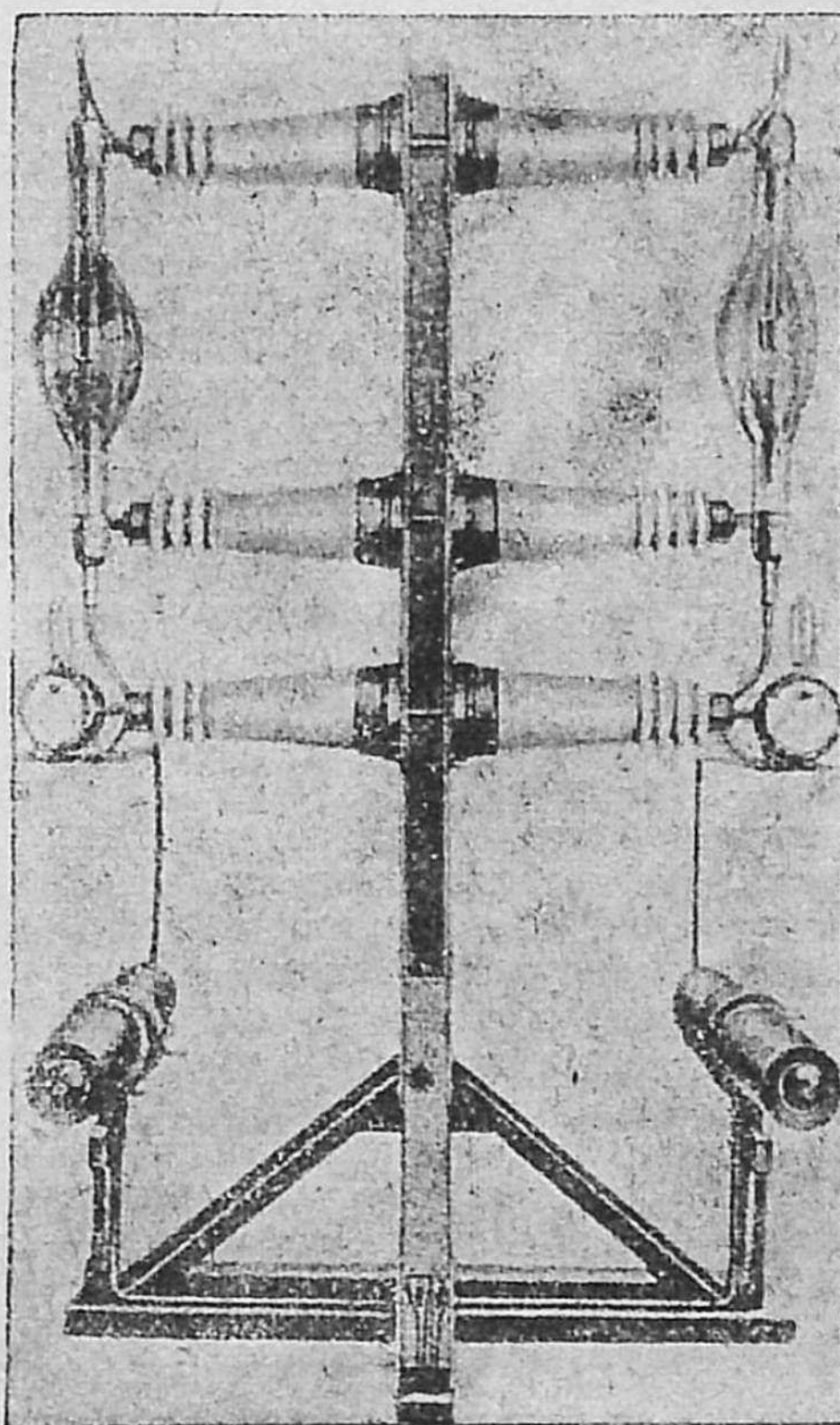


Рис. 6. Кенотронный выпрямитель мощностью 65 kW.

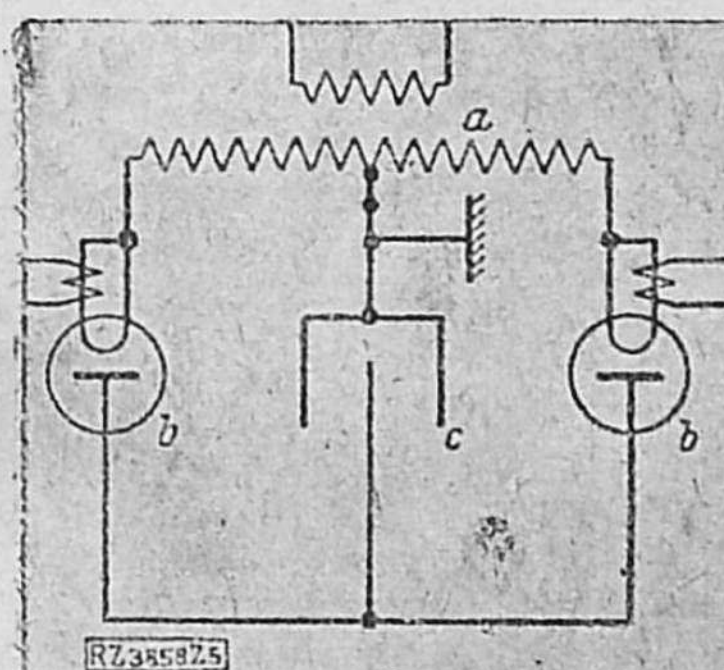


Abb. 5  
Schaltung einer Elektrofilteranlage mit Ventilröhren-Gleichrichter.  
a Transformator, b Ventilröhren, c Filter

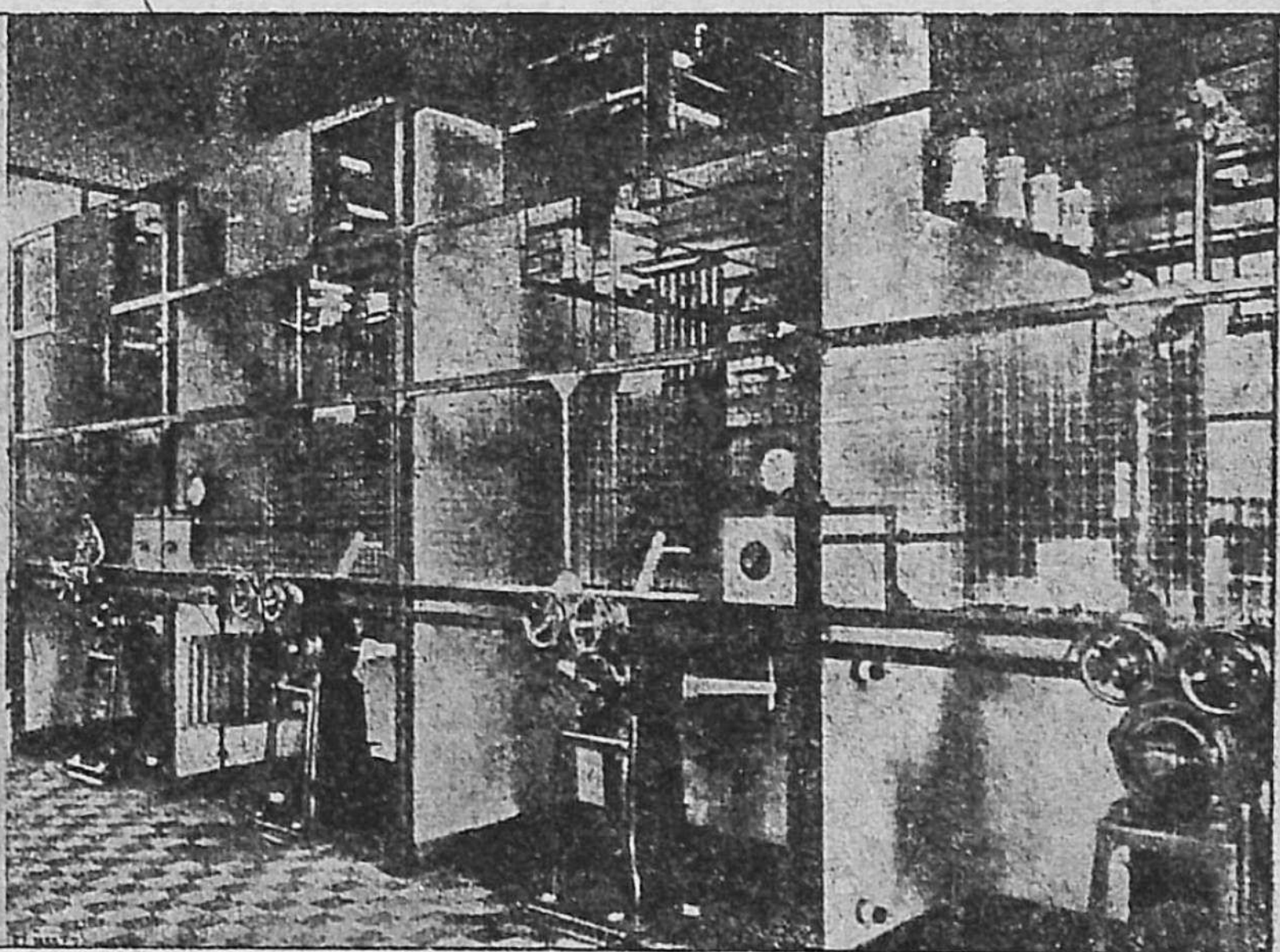


Abb. 7  
Mechanische Gleichrichter und Hochspannungsverteilung für eine große Elektrofilteranlage.

Рис. 5. Электрическая схема газоочистительной установки с кенотронным выпрямителем.

a — трансформатор, b — кенотроны, c — фильтр.

Рис. 7. Механические выпрямители и распределение тока высокого напряжения для крупной электрогазоочистительной установки.



Токи эти лишь немного превышают заданное максимальное значение. Поэтому передача тока не представляет никаких трудностей, даже при таких высоких напряжениях, как 50 000—60 000 В. Все те места, где проходит ток высокого напряжения, надлежащим образом изолированы, благодаря чему уход за установкой не представляет никакой серьезной опасности.

В возникающем сильном электрическом поле происходит практически полное осаждение даже самой мелкой пыли, напр. пыль в колошниковых газах доменных печей.

Диаметр пылинок колошникового газа колеблется в общем в пределах приблизительно от 0,0005 до 0,05 мм, если мы будем иметь в виду ту пыль, которая остается в газе после прохождения камер для улавливания грубой пыли. Для отделения этой тонкой пыли способом мокрого промывания затрачивалось до сих пор около 5 kWh на 1000 м<sup>3</sup> колошникового газа (приведенные данные относятся всегда к газу давлением в 760 мм ртутного столба и 0° С). В эту цифру не включена энергия, затрачиваемая на образование тяги и равная приблизительно 1,6—2 kWh, если чистый газ должен подаваться в трубопровод при давлении 250—300 мм водяного столба.

При очистке колошникового газа мешочными фильтрами (бегхаузами) возникают значительные затруднения благодаря применению ткани, страдающей от высокой температуры газов. При этом приходится затрачивать около 1 kWh на 1000 м<sup>3</sup>, не считая затраты энергии на образование тяги. При применении же электрофильтров, затрачивается приблизительно от 0,6 до 0,8 kWh на 1000 м<sup>3</sup>, не считая затраты энергии на образование тяги (около 1,6—2 kWh на 1000 м<sup>3</sup>).

### Черная металлургия.

В течение нескольких лет на различных заводах производились основательные предварительные испытания электрической очистки колошни-

газа, состоящая из 21 камеры, с трубчатыми осадительными электродами представлена рис. 8 и 9. Колошниковый газ, имеющий при выходе из домен температуру около 200—300° С, попадает сначала в камеру для предварительного охлаждения, где он охлаждается приблизительно до температуры в 70—80° С при помощи обрызгивания водой. Одновременно с этим повышается приблизительно до 45—54° С точка росы газа, которая до сих пор равнялась приблизительно 35—40° С. Затем охлажденный газ проходит фильтровальные камеры, очищается от пыли до чистоты нужной для газомоторов и попадает в вентиляторы, расположенные сзади установки, откуда проходит в главную трубу.

Плоскостные электрофильтры состоят из отдельных железных камер. В соответствии с содержанием пыли и требующейся степени очистки эти камеры рассчитаны приблизительно на 10 000 м<sup>3</sup>/h. Каждая камера делится на четыре секции. Для впуска и выпуска газов над каждой секцией устроены купола. Стенки секций служат осадительными электродами.

Две секции одной камеры, со стороны входа газа, в которые газ проходит в направлении сверху вниз, служат для предварительной очистки, а другие две, находящиеся на той стороне, откуда выходит газ проходящий через них в направлении снизу вверх, служат для окончательной очистки газа. Приспособления для предварительной и окончательной очистки газа питаются отдельными источниками тока высокого напряжения. Сделано это для того, чтобы в случае прекращения работы одной группы, продолжала работать другая, предохраняя, таким образом, газопровод чистого газа от попадания в него неочищенного.

В центре каждой из малых камер находится по коронирующему электроду, устроенному в виде трубчатой рамы, на которой натянута хромоникелевая проволока. Сама же рама висит на проходных изоляторах. Во избежание осаждения на изоляторах влаги и электро-

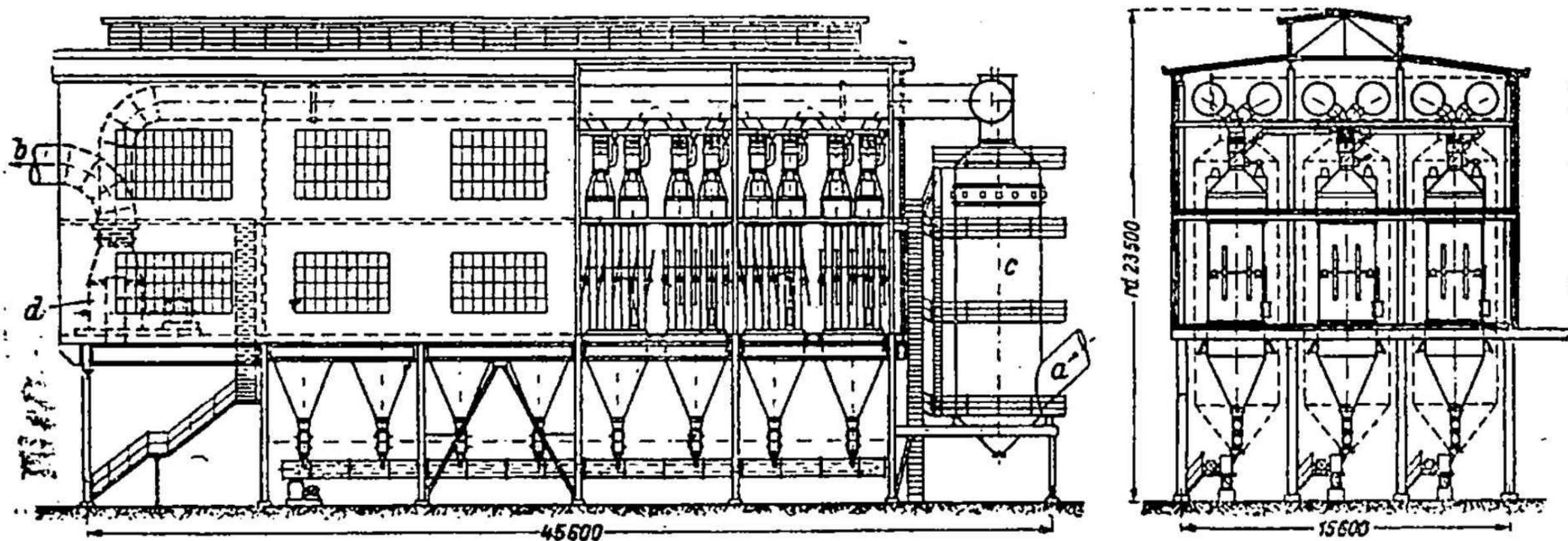


Рис. 8 и 9. Электрофильтр для колошникового газа на 200 000 м<sup>3</sup>/h: а — выход газа, б — трубопровод для чистого газа, с — камера для предварительного охлаждения, д — вентилятор.

кового газа; при этом были достигнуты самые лучшие результаты.<sup>1</sup> На основе накопленного при этих испытаниях опыта был построен в последние годы целый ряд электрофильтров для колошникового газа. Одна из установок на 200 000 м<sup>3</sup>/h

проводящей пыли они оmyваются непосредственно струей нагретого чистого газа.

Во время работы фильтра на стенках его камер, служащих электродами, может происходить осаждение значительного количества пыли, ослабляющее действие установки. Поэтому приб-

<sup>1</sup> Н. Troitzheim. Электроочистка газов в крупных предприятиях. Отчет № 74, „Доменной Комиссии Союза Германских металлургов“.

<sup>2</sup> Эта температура более благоприятна для электрического удаления пыли.



лизительно каждые 30 — 60 мин. надо удалять пыль из отдельных фильтровальных камер. Для этого автоматический выключатель прекращает доступ газа в одну камеру за другой, закрыванием соответствующего клапана; одновременно выключается и высокое напряжение. После этого, также автоматически, приводится в действие работающее сжатым воздухом приспособление для встряхивания осадительных электродов; приспособление это состоит из качающихся молотков, сбивающих пыль с осадительных электродов.

Во время очистки камеры необходимо прекратить доступ в нее газового потока, так как в противном случае пыль, спадающая с электродов, может быть занесена в чистый газ. Для выключения газа служат запорные клапаны, расположенные впереди и сзади каждой камеры. Приводящие штанги клапанов приводятся в свою очередь в действие цилиндром, работающим сжатым воздухом.

Кроме этих клапанов на сторонах для впуска грязного и для выпуска очищенного газа имеются заслонки для герметического закрывания камер в случае их остановки.

Для приведения в действие запорных клапанов и качающихся молотков для встряхивания электродов затрачивается в каждой камере только около 2 м<sup>3</sup>/ч сжатого (4—5 атм.) воздуха.

Некоторое количество пыли оседает и на коронирующем электроде, благодаря чему нарушается явление коронирования, а следовательно и фильтрующее действие установки. Во избежание этого устраивается приспособление для сотрясения коронирующего электрода. Действие этого приспособления таково: два изолированных молотка приводятся в действие посредством кулачков и вала и ударяют по пружинящим поддерживающим стержням коронирующих электродов. Описанное приспособление приводится в движение от электромотора посредством передаточного привода и постоянно находится в действии.

Как уже было указано выше, при очистке осадительных электродов из камеры выключается ток высокого напряжения. Делается это для того, чтобы пыль, пристающая к электродам, легче удалялась с них. Автоматический выключатель начинает действовать только тогда, когда газовые клапаны герметически закрыты и сквозь камеру совершенно не проходит газ.

По окончании очистки стенок камеры, длящейся только 40 — 50 сек., автоматический механизм сначала включает ток, а затем, через несколько секунд, открывает газовые клапаны. Таким образом, поднимаясь при очистке и не успевая, может быть, попасть в бункер пыль оседает на стенках камеры, прежде чем газ снова начнет проходить через нее.

Сбитая с электродов пыль падает в бункер, находящийся под камерами; из бункера пыль удаляется посредством специального транспортера или вагонеток.

Для достижения большей надежности в работе и более тщательного удаления пыли предварительная и окончательная очистка газа производится самостоятельными источниками тока, имеющими разное напряжение. Поэтому всякая большая установка электрофильтров должна иметь и третий, резервный агрегат, присоеди-

няемый в случае нужды к коронирующим электродам предварительной или окончательной очистки.

В непрерывных производствах, к числу которых относятся и металлургические заводы, не приходится в большинстве случаев рассчитывать на приостановку работы фильтров; поэтому провода тока высокого напряжения соединены с двойными сборными шинами, что позволяет чистить и прекращать действие отдельных частей установки, не прекращая действия всей установки в целом.

Отдельные выпрямительные агрегаты оборудованы максимально-нулевыми автоматами для выключения. В помещении аппаратуры высокого напряжения находится сигнальная доска, дающая оптические и звуковые сигналы и позволяющая, таким образом, контролировать работу установки. В том же помещении можно установить нужные для наблюдения общего действия установки приборы для измерения количества, температуры и давления газа.

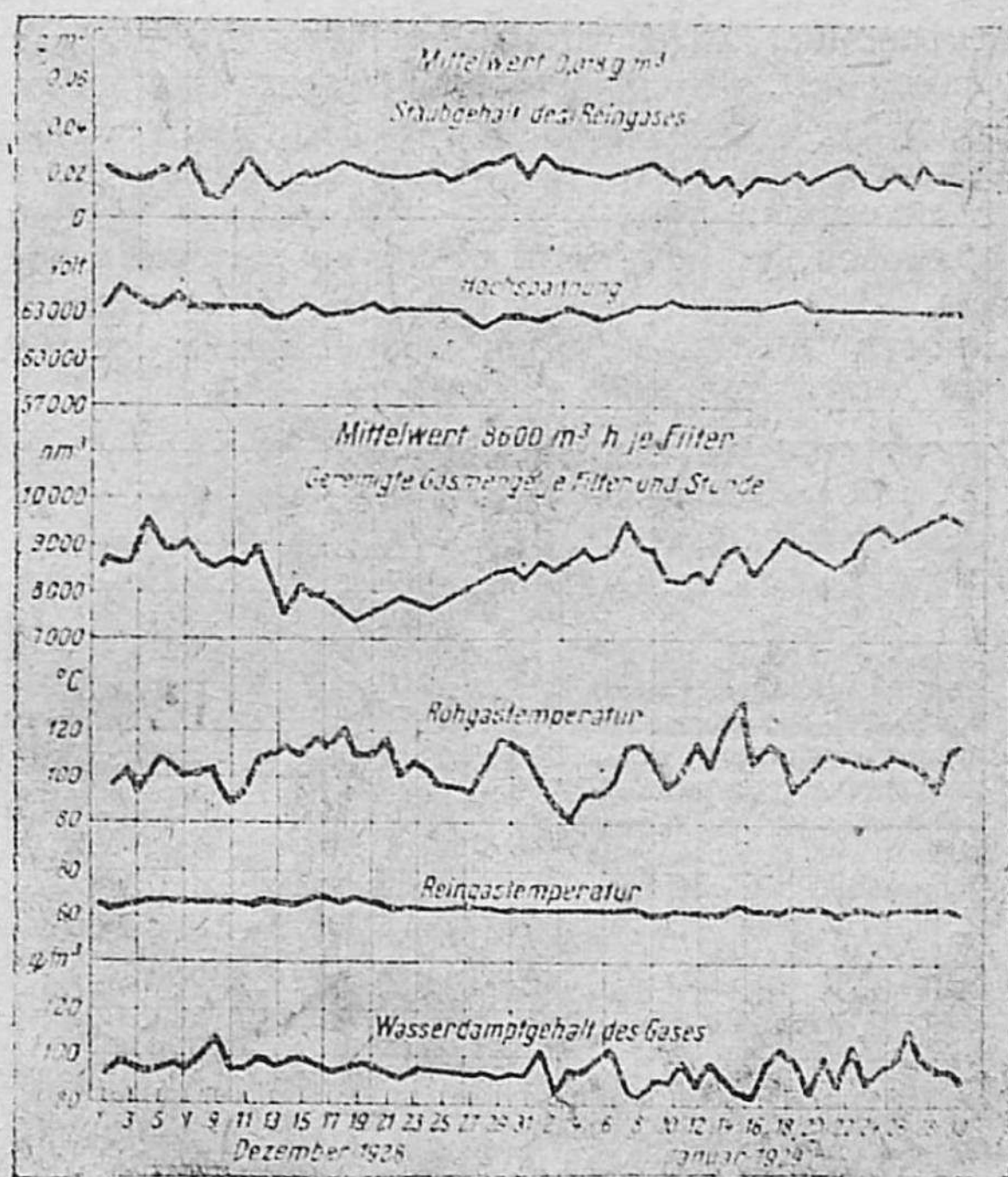


Рис. 10. Данные о работе электрической установки для очистки колошниковогаа (Bismarkhütte),

Потеря давления в электрофильтрах очень мала: непосредственно в камерах она выражается приблизительно в 2 — 4 мм водяного столба. Общая потеря тяги в газоочистительной установке, измеряемая разницей давлений в камере для предварительного охлаждения и в сборной трубе для чистого газа, зависит от размеров камер и газопроводов и также невелика.

В среднем потеря давления составляет только 40 — 60 мм водяного столба. Поэтому, напр., при установке электрофильтра в Обершельд, рассчитанного на 20 000 м<sup>3</sup>/ч (в круглых цифрах) колошниковога, отпала необходимость в специальном вентиляторе для подачи газа.

По данным Bösse, расход энергии на электрофильтр для очистки 100 000 м<sup>3</sup>/ч



(в круглых цифрах) исчисляется следующим образом:

на 1000 м<sup>3</sup>

1. Два трансформатора высокого напряжения . . . . .	30 kWh	0,3 kWh
2. " механических выпрямителя . . . . .	2 "	0,02 "
3. " мотора для шнеков . . . . .	2,5 "	0,025 "
4. " мотора для ударных механизмов ко- роннующих электродов . . . . .	2 "	0,02 "
5. Два мотора для омыwania газом изоля- торов . . . . .	6 "	0,06 "
6. Компрессорный мотор . . . . .	8 "	0,08 "
7. Два мотора водяных насосов . . . . .	12 "	0,12 "

62,5 kWh 0,625 kWh

Кроме того, на каждые 100 мм повышения давления чистого газа затрачивается около 0,65 kWh (на 1000 м<sup>3</sup>) для нагнетания газа.

Уход за электрогазоочистительными установками очень не сложен, В основном он сводится к наблюдению за трансформаторно-выпрямительной установкой, к удалению пыли и к регулированию температуры газов. Это регулирование в большей части установок производится автоматически, путем введения мелко распыленной воды в камеру предварительного охлаждения. Надо уделить достаточно внимания делу охлаждения и увлажнения колошниковога газа, так как окончательная очистка ого возможна только при достаточной степени влажности, т. е. при достаточно высокой точке росы. Это объясняется свойствами электропроводности пыли, которая возрастает с увеличением относительной влажности газа.

<sup>1</sup> „Stahl und Eisen“ Bd. 49 (1929), стр. 1153.

На рис. 10 сопоставлены данные о степени очистки и работе установки Bismarkhütte, <sup>1</sup> производившейся непрерывно в течение двух месяцев.

Электрофильтры оказались пригодными для работы не только в железоплавильных предприятиях, но и во многих других отраслях промышленности.

### Цветная металлургия.

С помощью электрофильтров ежегодно спасают от гибели значительные ценности в виде содержащейся в дыме пыли меди, свинца, цинка, олова, сурьмы, серебра, золота и пр.

На рис. 11 изображена, напр. крупная электрогазоочистительная установка для очистки отходящего конверторного газа, получаемого при рафинировании меди. Содержащийся в меди сернистый газ перерабатывается в серную кислоту в специальной установке, расположенной позади газоочистителя.

На рис. 12 изображен большой горизонтальный фильтр, выстроенный при одном бельгийском свинцово-плавильном заводе. Он дает ежедневно около 2 — 2,5 т ценной свинцовой пыли, так что стоимость установки полностью окупается приблизительно в 1½ — 2 года. <sup>2</sup>

<sup>2</sup> Значение пылеулавливания в цветной металлургии чрезвычайно велико, так как пыль, содержащая цветные металлы, особенно ценна, Московский Электролитический завод, построенный в 1926 году пылеуловительную установку, окупил ее стоимость в шесть месяцев работы, улавливая окись цинка из дыма своих печей.

Прим. ред.

Рис. 11. Большой электрофильтр для осаждения пыли отходящих газов конвертора (при рафинировании меди), соединенный с установкой для добывания серной кислоты.

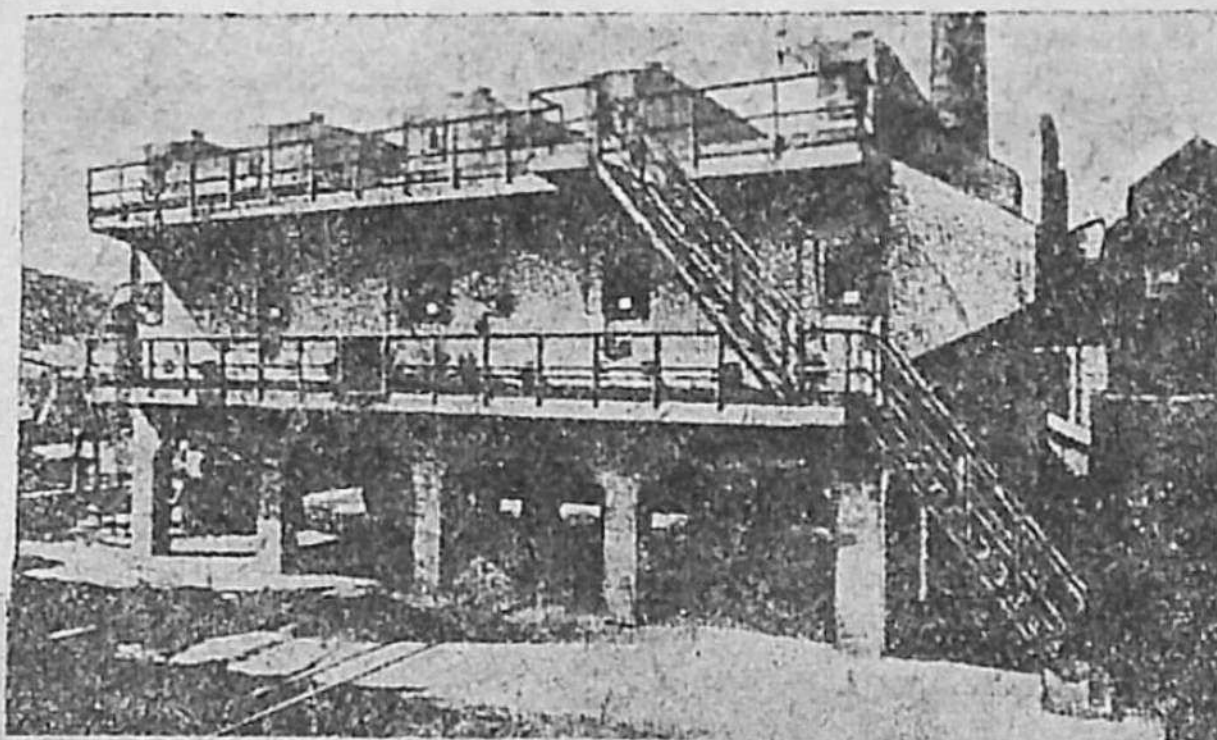


Рис. 12. Установка с горизонтальными фильтрами для очистки отходящих газов свинцово-плавильного завода, дает ежедневно от 2 до 2,5 т свинцовой пыли.

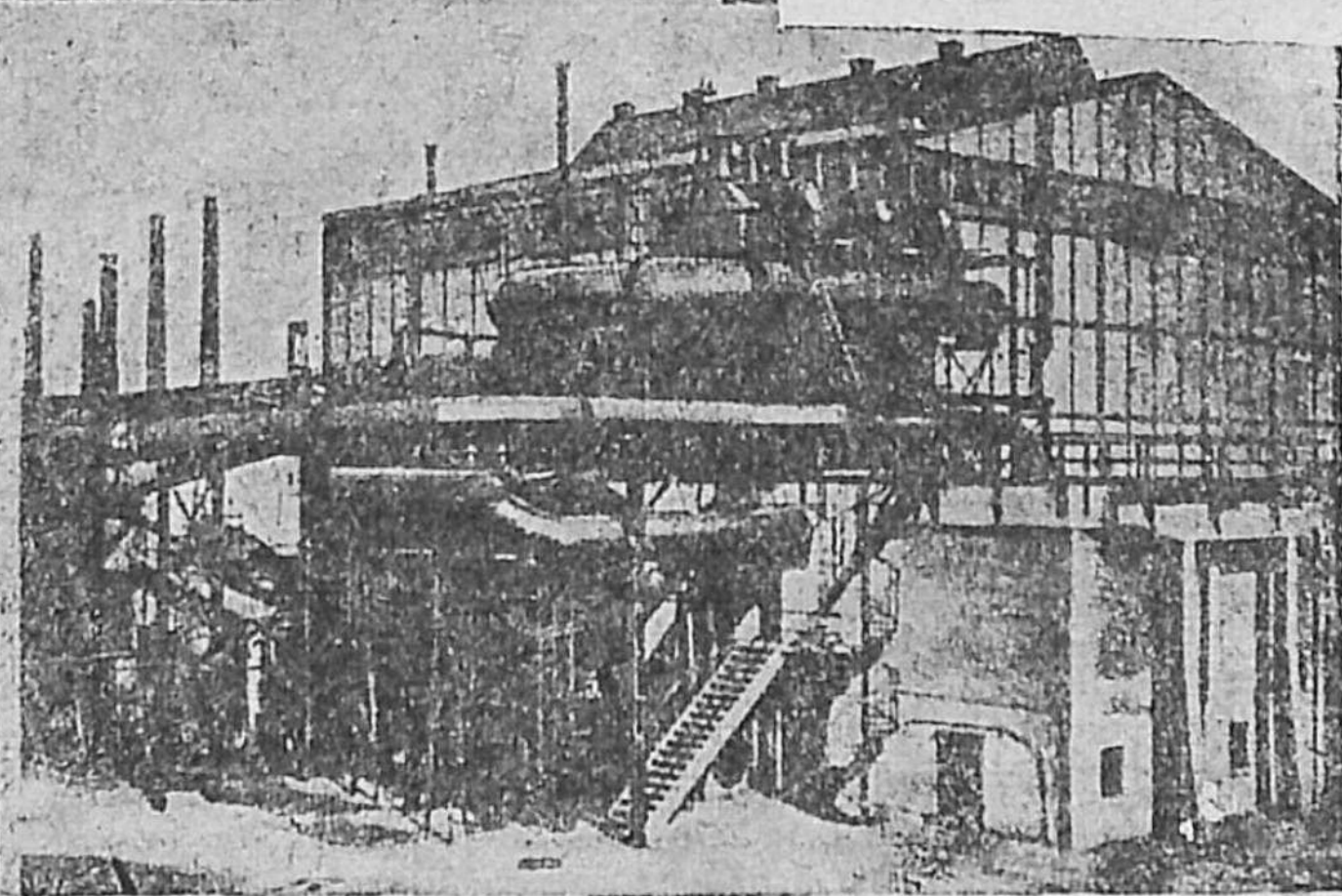
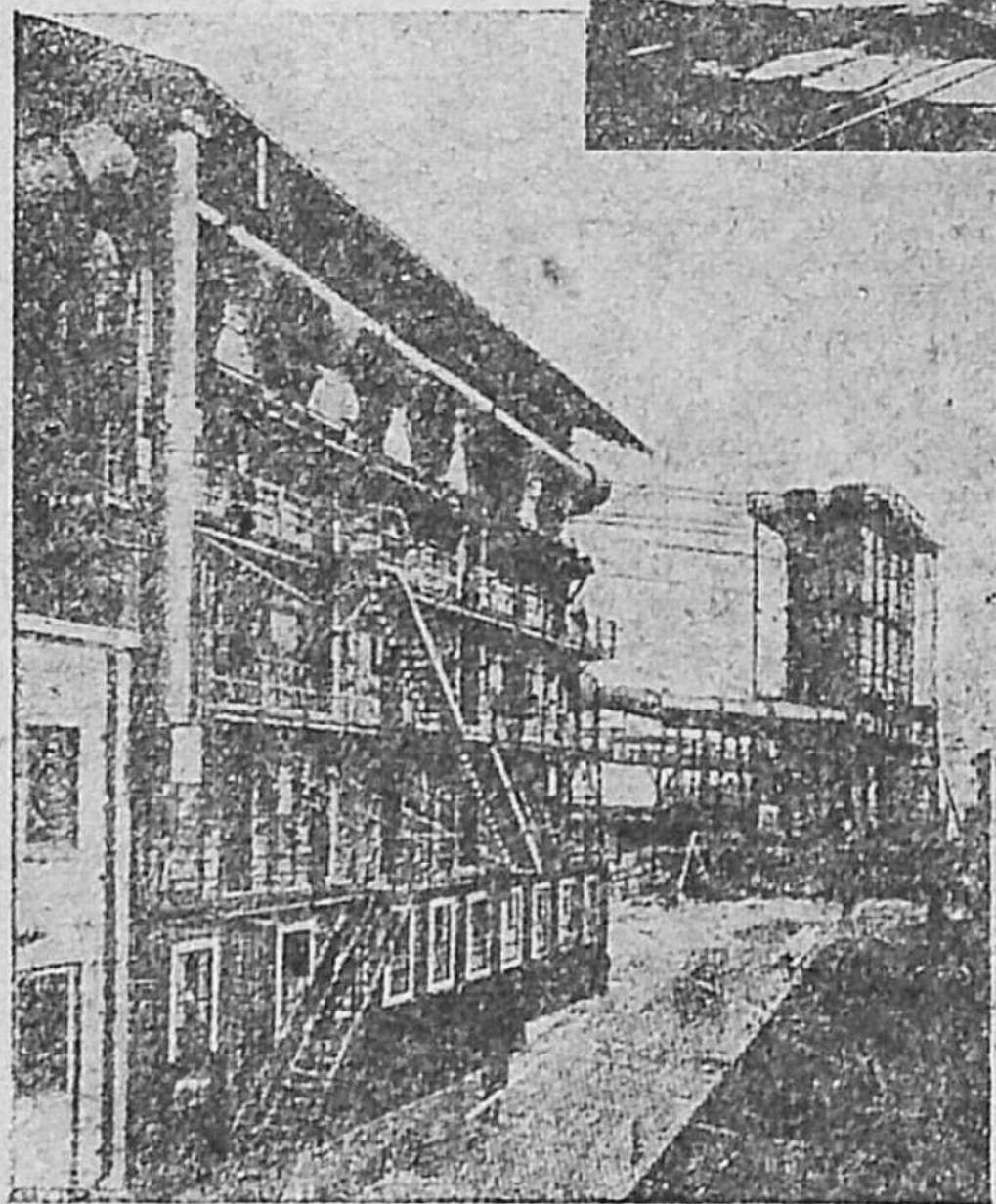


Рис. 14. Электрофильтр для удаления смол и масел из генераторного газа.



## Газогенераторные установки.

Чрезвычайно выгодно применение электрофильтров в перегонных и газогенераторных установках. В этом случае фильтры служат для удаления смол и масел из генераторного газа (см. рис. 13). Стоимость установки быстро окупается, благодаря высокой ценности улавливаемого продукта.

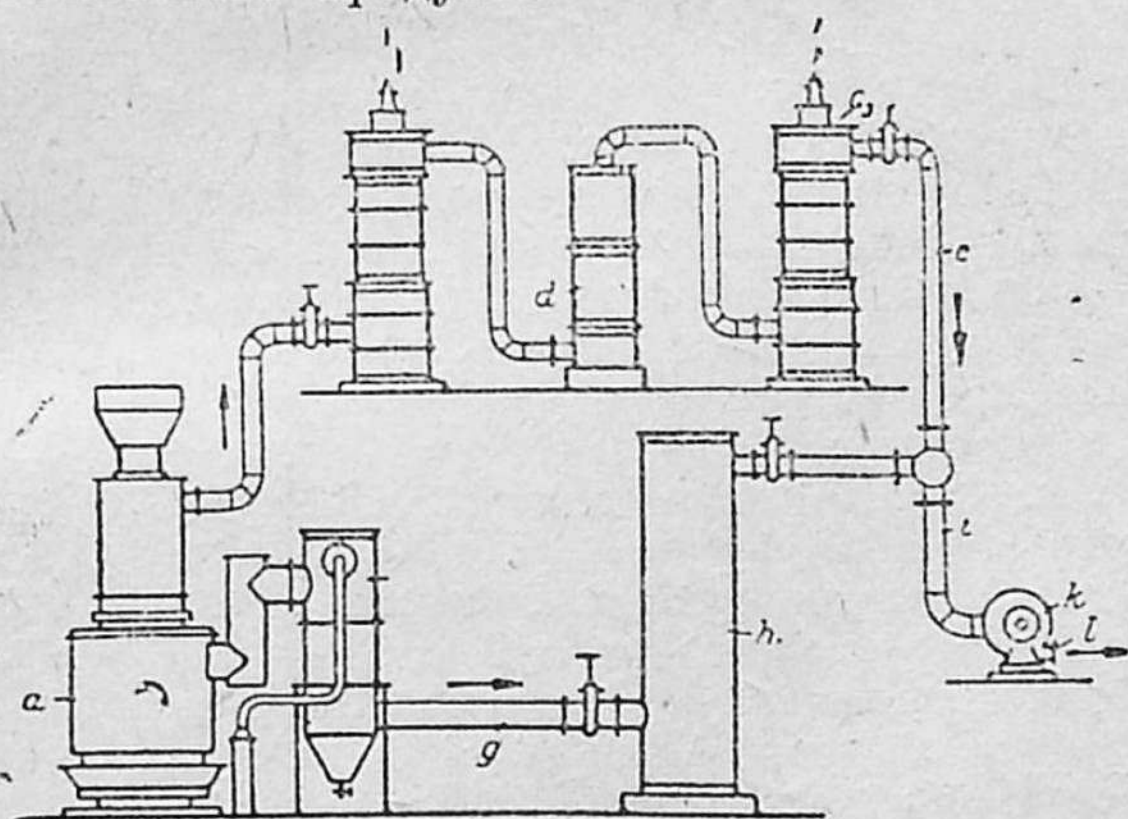


Рис. 13. Схема устройства электрофильтров для генераторного газа: *a* — газогенератор, *b* — перегонная насадка, *c*<sub>1</sub> — электрофильтр для удаления смолы, *c*<sub>2</sub> — электрофильтр для удаления масла, *d* — холодильник, *e* — газ, получаемый при отгонке, *f* — испаритель, *g* — коксовый газ, *h* — скруббер, *k* — вентилятор, *l* — газ, идущий в место использования.

Если установка работает при условиях, лежащих выше точки росы, то отделяемая фильтром смола содержит при 70 — 80° С только 0,2 — 0,3% воды, т. е. является практически обезвоженной, а в очищенном газе остается смолы около 0,05 — 0,1 г/м<sup>3</sup>. Следующей ступенью работы является удаление масла. Масло удаляется вместе с водой при температуре около 25 — 30° С, причем остаются не удаленными около 0,1 — 0,03 г/м<sup>3</sup>. Отделение масла от воды производится отстаиванием, причем приблизительно в 24 часа происходит практически полное отделение указанных двух веществ друг от друга.

Энергия, затрачиваемая на работу подобных фильтров для удаления смолы и масла, гораздо меньше той, которая затрачивается в механических промывателях для смолы, и равняется только 0,8 — 1 кВт·ч на 1 000 м<sup>3</sup>. На рис. 14 изображена такого рода установка для удаления смолы и масла из генераторного газа одного из заводов цветных металлов.

## Цементная промышленность.

Чрезвычайно благодарной областью применения электрофильтров является цементная промышленность, так как при производстве цемента очень велики потери в виде пыли. Рис. 15 иллюстрирует различные возможности применения электрофильтров в этой отрасли промышленности.

Электрофильтры удаляют пыль вращающихся печей, сушилок для сырья, цементных мельниц, сушилок и мельниц для угля. В этих случаях фильтры сохраняют большие количества ценной пыли и, в большинстве случаев, скупаются приблизительно в два года.

## Топки.

В топках с большой производительностью; в топках, работающих на пылевидном каменном угле; топках с колосниками, в топках, для сжигания мусора образуются большие количества пыли и летучей золы, которые, при известных обстоятельствах могут быть очень неприятны окружающему населению и вредны

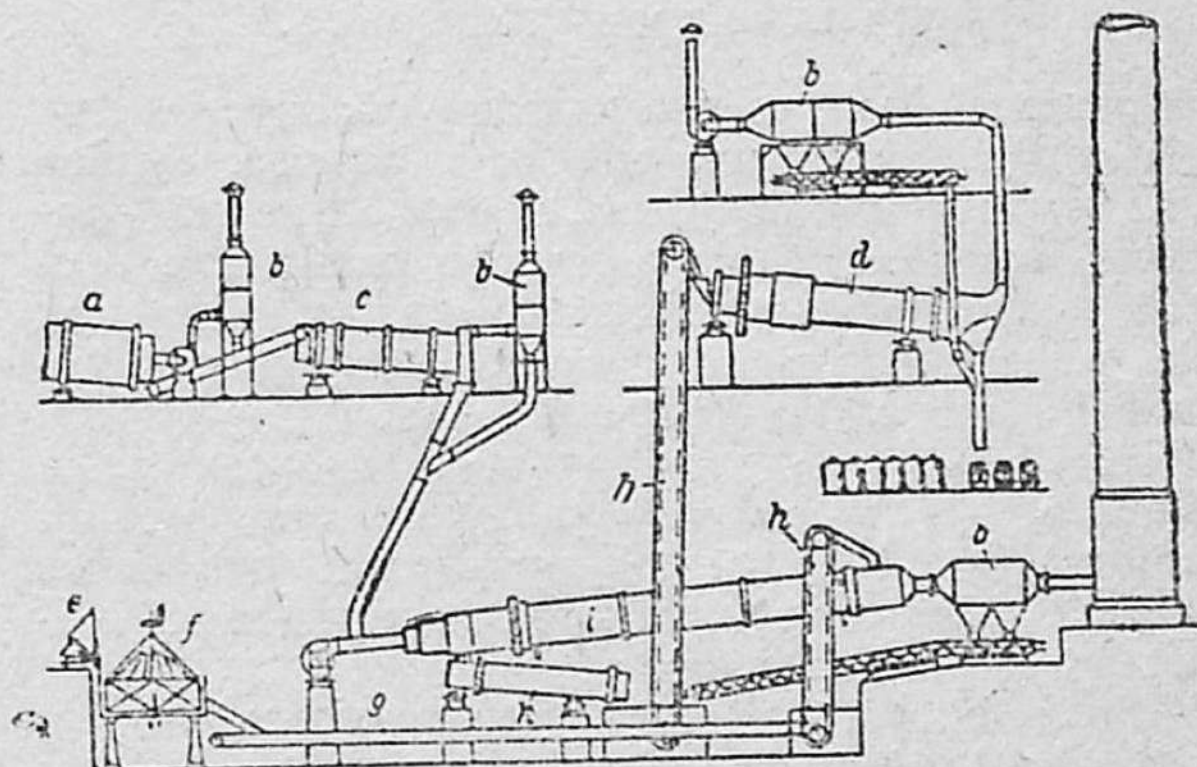


Рис. 15. Различные возможности применения электрофильтров на цементном заводе: *a* — барабан для сушки угля, *b* — электрофильтр, *c* — мельница для угля, *d* — цементная мельница, *e* — сырье, *f* — мешалка, *g* — транспортер, *h* — ковшевой элеватор, *i* — вращающаяся печь, *k* — холодильный барабан.

для окрестных полей. И здесь применение электрофильтров во многих больших установках оказалось чрезвычайно удачной мерой. Для указанных случаев строятся фильтры, улавливающие от 80 до 95% пыли.

Рис. 16 и 17 наглядно изображают результат работы подобной электрогазоочистительной

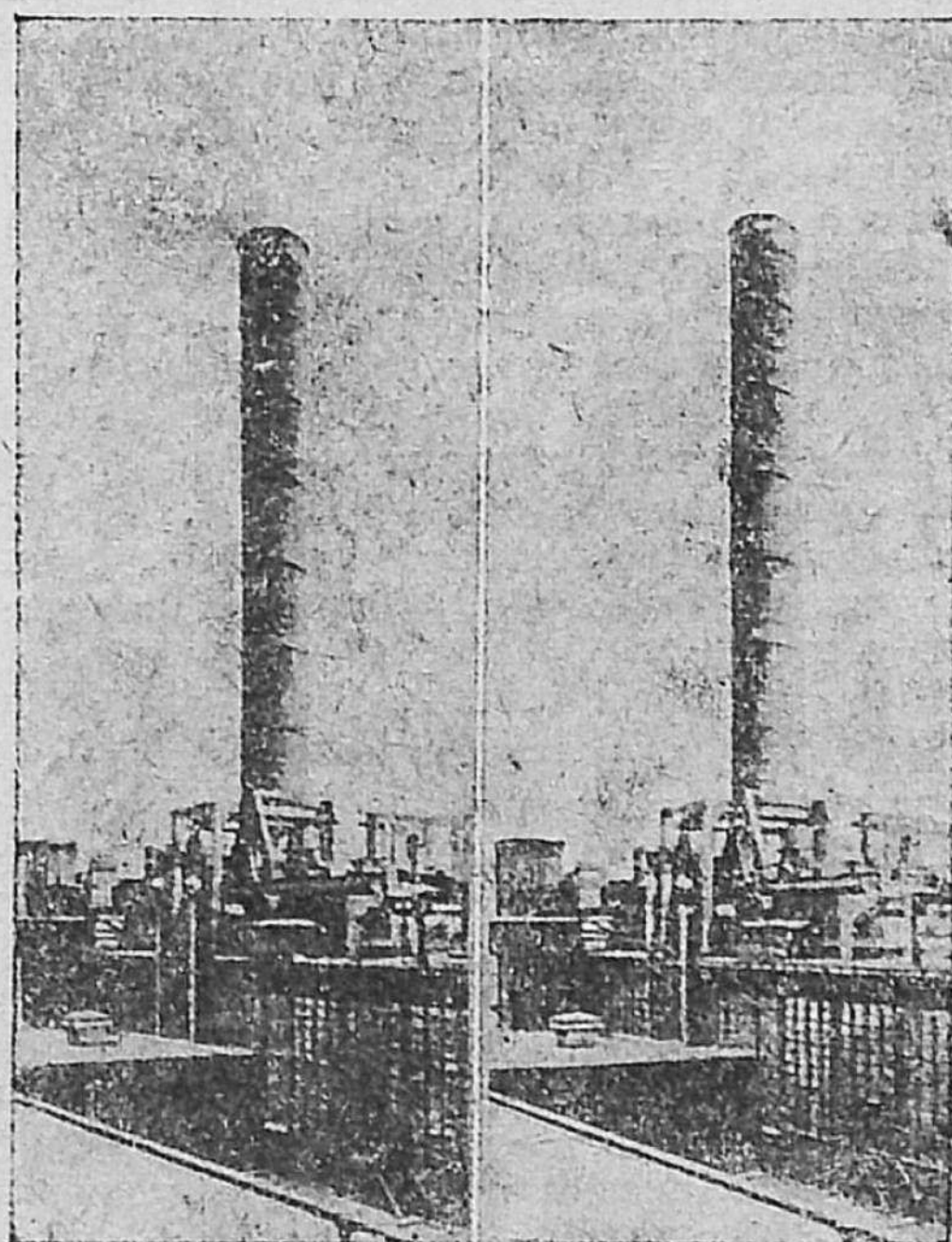


Рис. 16. Электрофильтр для улавливания пыли в дымовых газах котельной установки, отапливаемой каменноугольной пылью; ток выключен.

Рис. 17. Та же установка, что и на рис. 16, в действии; ток включен.



установки, улавливающей пыль отходящих газов котельной установки, отапливаемой угольной пылью. На рис. 16 изображена дымовая труба при выключенном из фильтра токе, а на рис. 17 при включенном токе. В этом последнем случае почти совершенно нет дыма над трубой. При полной нагрузке такой топки электрофильтры улавливают около 15 — 20 т летучей золы в день.

### Буроугольная промышленность.

Большое количество пыли образуется не только при сжигании необработанного бурого угля, но и при сушке его и обработке на брикетных заводах. Обратное получение пыли особенно выгодно в последнем случае, так как пыль немедленно идет в переработку для получения из нее прессованного угля.

При сушке в паротрубных сушилках, в зависимости от свойств угля и конструкции сушилки, около 6 — 12% пропускаемого через сушилку материала уносится в виде мельчайшей сухой угольной пыли.

Эта пыль осаждается электрофильтром в сухом виде и может пойти в брикетные прессы вместе с остальным сухим углем.

Прежде удаление пыли производилось посредством мокрых промывателей. Однако применение последних требует затраты большого количества энергии (около 15 — 20 kW на каждую сушилку), и пыль отделяется в виде более или менее бесполезного шлама. Кроме того, этого рода установки подвержены сильному действию коррозии.

При применении электрофильтров (которых было выстроено для указанной цели уже несколько сот), пыль оседает в сухом виде и немедленно может быть использована. Кроме того, в большинстве случаев удается повысить пропускную способность сушилки на 8 — 10%, ибо теперь уже не приходится считаться с фактом образования пыли и можно повысить на несколько мм тягу в сушилке, подняв вытяжную трубу.

Установка фильтров в буроугольной промышленности окупается в 1½ — 2 года, благодаря высокой стоимости уловленной пыли и повышенной производительности сушилок. Аналогичное положение существует и в каменноугольных сушилках силовых станций и топок, работающих на пылевидном топливе. И в этой отрасли промышленности имеется большое количество электрофильтров, работающих вполне успешно.

### Химическая и сушильная промышленность.

• Наконец, обширным полем применения электрофильтров являются химическая и сушильная промышленность. В химической промышленности применяются фильтры для осаждения тумана серной кислоты, фосфорной кислоты и т. д., там, где частично не справляются со своей задачей все другие известные до сих пор способы очистки газов. Затем с помощью электрофильтров практически полностью очищаются от пыли при температуре от 450 до 500° обжиговые газы из установок для обжига колчедана и обманки, так что из газов можно получать высокоценную серную кислоту. Этого рода установки существуют уже в большом количестве.

В сушильном производстве электрофильтры ставятся за установками для сушки и обжига глинозема или за сушилками для калийных солей, гипса, извести и песка. Так как во всех этих сушильных процессах очень велики потери в виде пыли (от 4 до 25%), то стоимость электрофильтров и здесь окупается в короткое время.

### Заключение.

Хотя с того момента, когда были введены в употребление электрофильтры, прошло не много времени, тем не менее они успели завоевать себе прочное место в тех отраслях промышленности, о которых шла речь, и приобрести все возрастающую популярность. Особенности преимущества электрофильтров сводятся к следующему:

1. Незначительная затрата энергии, составляющая в среднем от 0,05 до 0,5 kWh на 1 000 м³;
2. Высокая степень очистки, которую в случае нужды можно довести до 98 — 99% и выше;
3. Незначительное сопротивление потоку газа, которое в зависимости от устройства и величины установки колеблется приблизительно от 2 до 8 мм водяного столба;
4. Пригодность для работы при высоких температурах, достигающих во многих случаях до 500°.
5. Низкие эксплуатационные расходы и расходы на обслуживание и ремонт установки.
6. Получение уловленных фильтром материалов в сухом виде.

### ОБРАЗОВАНИЕ РАКОВИН И ПОР В ОТЛИВКАХ.

Сообщение Лаборатории д/металлов О-ва Металлов, Франкфурт н/М. («Metallwirtschaft», № 51, 1931; E. Scheuer).

Распределение раковин в литье, грубо говоря, есть функция места и времени распределения температуры во время затвердевания. Влияние на распределение температуры в том смысле, чтобы в каждой, находящейся в стадии затвердевания, части литья мог доходить из литника расплавленный металл для пополнения потери объема при кристаллизации, — одна из главных задач техники литейного дела.

Известно, что раковины при литье весьма различны по форме, и что одинаковое распределение температуры в разных сплавах производит неодинаковые формы раковин. При одном сплаве образуются раковины преимущественно на наружной, при других преимущественно на внутренней части. В то время, как при одном сплаве, как правило, образуются немногочисленные большие круглые пустоты, при другом сплаве получается большое количество пор, причем и эти последние могут иметь совершенно различные формы и распределение.

Настоящий труд является опытом кратко изложить важнейшие обстоятельства, определяющие возникновение и формы образования пор, и при этом в особенности обратить внимание на строение металлов.

Различные названия мелкораспределенных пустот в литье — «мелкие раковины», «пузырьки», «газовые поры» — показывают неуверенность, которая царит относительно причины возникнове-