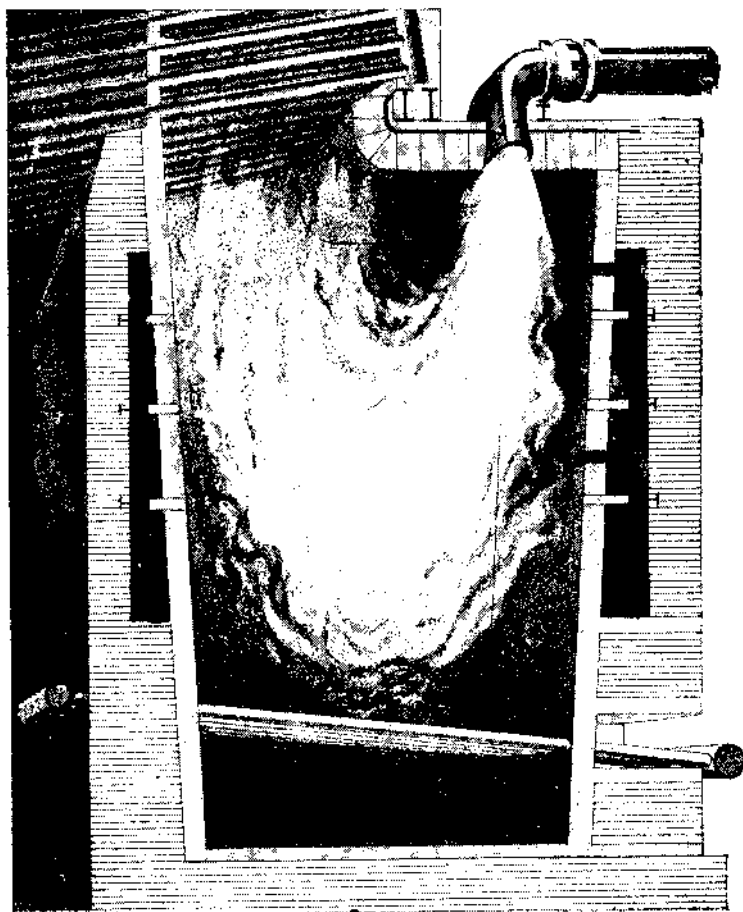


ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ **„ИНСТОРФ“**
ИНСТИТУТ ПО ТОРФЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

666
Г46

ГИДРОТОРФ

КНИГА ВТОРАЯ



ЧАСТЬ III.

ПЫЛЕВИДНЫЙ ТОРФ.

ТОРФЯНОЙ БРИКЕТ.

МОСКВА—1927.

В. С. Н. Х. — С. С. С. Р.
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ПО ТОРФЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

„ИНСТОРФ“

ГИДРОТОРФ

КНИГА ВТОРАЯ.

ЧАСТЬ III.

ПЫЛЕВИДНЫЙ ТОРФ.
ТОРФЯНОЙ БРИКЕТ.

При перепечатке и переводе помещенных
в настоящем издании статей допу-
скается только с разрешения авторов.

ИЗДАНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ В.С.Н.Х. С.С.С.Р.
МОСКВА — 1927.


WISSENSCHAFTLICHES FORSCHUNGS- „INSTORF“.
INSTITUT FÜR TORFINDUSTRIE

HYDROTORF

ZWEITES BUCH

DRITTER TEIL

TORFSTAUB. TORFBRIKETT.

Alle Rechte, auch die der
Üebersetzung in fremde
Sprachen, vorbehalten.

MOSKAU—1927.

ПАМЯТИ
НОВАТОРА ТЕХНИКИ,
ПОБОРНИКА КУЛЬТУРЫ И ПРОГРЕССА,
СОЗДАТЕЛЯ ГИДРОТОРФА,
НЕЗАБВЕННОГО

Р. Э. КЛАССОНА

*посвящают свой
коллективный труд
его ученики—
гидроторфисты.*

UNSEREM UNVERGESSLICHEN

ROBERT KLASSON

*widmen in tiefster Verehrung
diese kollektive Arbeit
seine Schüler—
Hydrotorfisten.*



Роберт Эдуардович Классон.

ПРЕДИСЛОВИЕ.

Вторая книга Гидроторфа является продолжением первой книги, вышедшей в середине 1923 года. За три года дело Гидроторфа широко развернулось как количественно, так и качественно; настоящая книга Гидроторфа подводит итоги этого развития и является в этом смысле отчетной.

В первой книге основательно разбирались только сезонная добыча торфа гидравлическим способом, остальные же вопросы, которыми занимается Гидроторф, как-то: искусственное обезвоживание и облагораживание торфа были тогда лишь намечены и формулированы в самых общих чертах. Теперь дело Гидроторфа разделяется на шесть отдельных самостоятельных задач крупнейшего масштаба и значения:

- 1) Сезонная добыча торфа гидравлическим способом;
- 2) Искусственное обезвоживание торфа;
- 3) Сухая перегонка и газификация активированного гидроторфа с использованием получающейся смолы;
- 4) Брикетирование торфа;
- 5) Коксование гидроторфа;
- 6) Превращение торфа в пылевидное топливо.

Сезонная добыча гидроторфа с момента издания первой книги успела войти в торфяную промышленность и заслужить всеобщее признание. Гидравлическим способом добыто в 1926 г. уже около 20.000.000 пудов торфа, и дальнейшее распространение этого способа не возбуждает сомнений и не нуждается в доказательствах.

Искусственное обезвоживание находится в настоящий момент в таком приблизительно положении, как сезонная добыча гидроторфа 3 года тому назад. Технически эта важнейшая задача торфяного дела Гидроторфом решена; в настоящей книге подробно описана история развития вопроса, вернее, комплекса вопросов, связанных с искусственным обезвоживанием торфа, и приведены богатейшие материалы 5-летней исследовательской работы в лабораторном, полужабодеком и, наконец, жабодеком масштабе.

Сухая перегонка активированного гидроторфа, исследование и переработка торфяных смол хорошо разработаны в лаборатории Гидроторфа. Соответствующие реторты и прочая аппаратура изучены в Германии, и вопрос находится в настоящий момент в такой стадии,

которая настоятельно требует перехода к опытам в промышленном масштабе. Эти опыты в новой области должны дать богатейший материал для дальнейшей работы.

Брикетирование воздушно-сухого торфа изучено Гидроторфом как за границей, так и на собственном брикетном прессе. В этом сравнительно простом вопросе ясны почти все детали, и он вполне готов для проверки в масштабе промышленного завода.

Самый молодой и в то же время наиболее простой вопрос — коксование — изучен в лаборатории и в примитивных печах и нуждается в проверке в опытной реторте.

Накопел, превращение обезвоженного и воздушно-сухого торфа в порошок и его сжигание уже имеет место на опытном заводе и в опытном котле при электрической станции имени Р. Э. Классона.

К глубокому сожалению, вождь Гидроторфа инж. Р. Э. Классон не дождал до выхода в свет этой книги, где изложены результаты, в первую очередь, его работы и коллективной работы, сделанной под его руководством. Он скоропостижно скончался 11-го февраля 1926 г. в ВСНХ на заседании по топливным вопросам. Его памяти посвящается настоящая книга.

Она является коллективным трудом сплоченной группы работников Гидроторфа. Редакционная Комиссия решила опубликовать настоящий материал в том виде, как он изложен отдельными авторами, несмотря на то, что в некоторых статьях он мало обработан. Редакционная Комиссия считала неправильным обезличивать его и резюмировать в краткой и сжатой форме, да и времени на подобную сводку не было, т. к., во избежание „старения“ материала, настоящая книга выпускается в срочном порядке. Фамилии авторов, взявших на себя труд изложить результаты общей работы, указаны в заголовках отдельных статей. В самой же работе принимали участие следующие лица: высшее техническое руководство, кроме покойного инж. Р. Э. Классона, осуществлялось инж. В. Д. Кирпичниковым и по всем химическим вопросам профессором Г. Л. Стадниковым. Общее руководство последние 1½ года велось директором Инсторфа И. П. Радченко. В развитии сезонной добычи Гидроторфа на первом месте должны быть указаны инженер П. П. Ефимов и А. Г. Штумпф. Проведению добычи торфа гидравлическим способом в промышленном масштабе содействовал ряд крупных работников: И. А. Бауэр, П. А. Березкин, В. В. Блюменберг, В. И. Богомолов, М. А. Веллер, И. Н. Глыбовский, М. Х. Гурьев, Н. В. Земцов, В. М. Калачев, И. Р. Классон, С. Е. Клевци, Б. В. Мокршанский, К. Е. Мягков, Н. В. Пошченко, А. М. Поручиков, Л. А. Ремизов, Е. В. Эдельштейн, В. П. Шабанин.

Основными работниками в области искусственного обезвоживания торфа являются: главный механик А. Ч. Штумпф, главный теплотехник Б. В. Мокршанский, заведующий лабораторией Гидроторфа П. П. Гаврилов, заведующий заводом искусственного обезвоживания инж. А. В. Богуславский, старший экспериментатор Н. В.

Земцов и заведующий Научно-Опытной Частью Гидроторфа инж. Л. А. Ремизов.

Ближайшими помощниками по механической части и ведению опытов были техники завода: Ф. В. Круглов и А. М. Горнодеров.

Химические работы в области сезонной добычи, искусственного обезвоживания, коксования, перегонки, газификации, дистилляции и облагораживания смолы велись под непосредственным руководством проф. Г. Л. Стадникова прежде всего П. П. Гавриловым; в отдельных вопросах принимали участие целый ряд их ассистентов: А. А. Виноградов, С. К. Мэль, П. К. Мэль, В. Е. Раковский, Н. Г. Титов и Б. Ф. Сергеев.

Над брикетированием торфа работал, главным образом, А. Г. Штумпф.

В области сушки и размола торфа, транспорта и сжигания порошка большая работа проделана Б. В. Мокришанским.

Настоящая книга, помимо изложения работ Гидроторфа, представляет собой опыт проникновения в природу и технологию торфа. В ней приведены с возможной в рамках настоящей книги полнотой новые сведения о торфе, установлены новые законы, особенно в области искусственного обезвоживания торфа, опубликован ряд изобретений и открытий.

Право эксплуатации на территории СССР всех описанных в этой книге изобретений, касающихся гидравлического способа добычи торфа, естественной сушки, искусственного обезвоживания и облагораживания торфа, как запатентованных (8 патентов), так и находящихся в экспертизе в Комитете по делам Изобретений (8 заявок), приобретено у изобретателей ВСНХ и передано Инсторфу. Большинство из этих изобретений запатентовано, кроме того, изобретателями за границей почти во всех промышленных странах.

Редакционная комиссия:

{ П. П. Радченко.
В. Д. Курчиников.
Г. Л. Стадников.

ВСТУПЛЕНИЕ.

Первоначально Гидроторф занялся вопросами торфяного пылевидного топлива и брикетирования торфа, как конечными стадиями искусственного обезвоживания торфа. В процессе изучения и разработки эти вопросы приобрели самодедающее значение вне зависимости от того, каким образом добывается торф, служащий материалом для этих видов торфяного топлива, значительно превосходящих по тепловому эффекту и др. качеством кусковой торф.

При искусственном обезвоживании торф достигает сушилок в виде отжатых до ок. 50% влажности кученов, которые для последующей тепловой досушки должны быть измельчены в небольшие кусочки (ок. 10 м.м.). Это дробление, благодаря первоначальному (до отжатия) измельчению торфа и опылению мелких кусочков его сухим порошком, очень просто и дешево. Таким образом, само физическое состояние отжатого торфа благоприятствует первому измельчению, нужному для выработки порошка или брикетов.

Неизбежная при искусственном обезвоживании тепловая досушка предопределяет выпуск с завода продукта однородного и меньшей степени влажности, чем воздушно-сухой кусковой торф.

Досушка топлива в специальных сушилках производится с лучшим коэффициентом полезного действия, чем в топках или предтопках котлов. Поэтому, начав сушить торф в специальных сушилках, целесообразно довести его до той оптимальной степени сухости, при которой горение торфа происходит с наибольшим коэффициентом полезного действия.

С точки зрения коэффициента полезного действия при горении торфа одинаково хороши все влажности ниже 25%. Забота о целостности топки заставляет при понижении влажности не идти ниже 15%, так как вместе с понижением влажности растет температура в топке. Тот же предел влажности ставит экономичность и безопасность тепловой досушки, а также транспорта и хранения торфа. Такая влажность в то же время является наиболее целесообразной для торфяного порошка (15-25%) и брикетирования (18%).

Таким образом, тепловая сушка является второй предпосылкой для превращения искусственно обезвоженного торфа в порошок или брикет.

Выпуск готового топлива с завода искусственного обезвоживания в одном месте вместо сбора его с обширных пространств полей сушилки при сезонном торфяном производстве дает возможность и требует более рационального последующего транспорта, чтобы за счет его удешевления окупить сравнительно дорогое оборудование завода.

Для районных электростанций, расположенных рядом с заводом, наилучшим видом торфяного топлива с точки зрения удобства транспорта является торфяной порошок, подаваемый в бункера котельной пневматическим путем или шнеками. Для дальнего транспорта и для сжигания в городах и на жел. дор. наилучшей формой торфяного топлива являются брикеты, 1 куб. метр которых весит 1.000 кгр. и имеет свыше 4.000.000 калорий. Торфяные брикеты по своей объемной теплоплотности лишь немного уступают лучшему донецкому углю.

Наконец, свобода выбора формы торфяного топлива, которой мы располагаем на заводе искусственного обезвоживания торфа, заставляет нас превращать торф в наиболее совершенные и удобные для использования виды топлива, чтобы их большей ценностью окупить сравнительно дорогое оборудование завода. Такой формой торфяного топлива для сжигания на месте под котлами или в промышленных топках является торфяной порошок, который горит с высоким коэффициентом полезного действия, близким к коэффициенту полезного действия жидкого топлива, дает возможность снимать с поверхности нагрева значительно больше пара, чем при кусковом торфе, и упрощает надзор за котлами. Наилучшей формой торфяного топлива для домашнего отопления являются брикеты, имеющие точную форму и равномерную влажность.

На основании всех этих соображений, искусственно обезвоженный торф должен выпускаться с завода в виде более ценного, чем кусковый торф торфяного топлива и именно в виде порошка при сжигании вблизи завода и брикетов при дальнем транспорте.

Преимущества такого «облагораживания» торфяного топлива, которое мы имеем при превращении его в порошок или брикеты, достаточно велики и сами по себе, независимо от искусственного обезвоживания. При изучении соответствующих процессов — дробления, сушки, размола, транспорта, брикетирования, сжигания — с одной стороны, выявилась полная возможность целесообразного превращения любого торфа в порошок или брикеты, а, с другой стороны, выяснились большие преимущества этих видов топлива, дающие возможность с избытком окупить сравнительно небольшие дополнительные расходы, связанные с «облагораживанием» топлива сушкой.

Таким образом наметились две проблемы:

- 1) брикетирования воздушно-сухого кускового торфа, в частности отбросов торфяного производства в виде мелочи и рассыпающегося торфа и
- 2) превращения кускового торфа в порошок с уравнением его влажности предварительной подсушкой для сжигания на месте в крупных установках.

Первая проблема Гидроторфом не только изучена, но и проверена в промышленном масштабе. Из негодной для сжигания торфяной мелочи на заводе Гидроторфа налажено производство первоклассных

брикетов. Такое подсобное производство с большим экономическим эффектом может быть без всякого затруднения поставлено при всех крупных торфяных хозяйствах.

Брикетирование кускового торфа отличается от брикетирования мелочи только предварительным дроблением крупных кусков, которое также испытано в крупном масштабе и оказалось вполне возможным и требующим ничтожного количества энергии в ударных мельницах. На основании собственного опыта и изучения Б. В. Мокришанским и А. Г. Штумпф этого дела в Германии, составлен проект брикетного завода, представленный в Моссовет для осуществления в ближайшем будущем на одном из подмосковных болот. Такой завод может дать населению г. Москвы, испытывающему тяжелые последствия дровяного голода, дешевое и чрезвычайно удобное для домашнего отопления и кухни топливо.

Брикетирование бурого угля получило громадное распространение в Германии; там же (в Фридрихсхаде) имеется торфяной брикетный завод и вновь строится два завода — один в Баварии (Зеесхаунт), другой близ Ольденбурга.

В последнее время завод для брикетирования гидроторфа полевой сушки построен вилж. М. Нибб в Дании (Каас). Тем более своевременным является введение этого нового вида торфяного топлива в СССР, где из года в год ухудшается положение с древесным топливом и в то же время имеются неограниченные запасы торфа.

Проблема сжигания воздушно-сухого торфа в пылевидном состоянии является совершенно новой. Несмотря на большое распространение в западной Европе и Америке пылевидного угля, ни там, ни у нас не ставился вопрос о превращении воздушно-сухого торфа в порошок.

Исключением является попытка Экедунда в Швеции и Финляндии, но он направляет на сушильный завод не воздушно-сухой кусковый торф, а не досушенные бесформенные куски торфа, которые требовали больших сушилок и расходования на сушку значительного процента готового топлива. Эти попытки окончились неудачей, отчасти из-за сложности и дороговизны сушильного завода, отчасти из-за того, что в то время еще (15 лет тому назад) не были достаточно выявлены все преимущества пылевидного топлива, особенно в крупных установках.

Защищаемая нами идея существенно отличается от попыток Экедунда, так как мы предлагаем превращать в порошок готовое кусковое торфяное топливо вне зависимости от того, каким способом оно выработано. Количество влаги, которое нужно удалить из воздушно-сухого торфа для возможности размолта и сжигания в пылевидном состоянии, невелико и в среднем не превышает 15% (от 35% до 20%). В смысле допустимой влажности торф имеет преимущества перед другими топливами, так как хорошо измельчается и горит при различных влажностях до 25%.

Лучшим доказательством целесообразности сжигания торфа в пылевидном состоянии является ниже помещаемый расчет котельной установки в 2-х вариантах: с цепными топками и с оборудованием для приготовления и сжигания торфяного порошка. Поэтому в настоящей вступительной статье приводим только общие соображения в пользу сжигания торфа в пылевидном состоянии.

Эти соображения двойные — во-первых, о недостатках кускового торфа как топлива, во-вторых, о преимуществах пылевидного торфяного топлива.

Важнейшим недостатком кускового торфа полевой сушки является его неоднородность в смысле влажности и количества мелочи. Влажность колеблется в очень широких пределах от 15% до 45% и выше и при том различные влажности наблюдаются не только на отдельных участках полей сушки, но очень часто даже в одном штабеле, так что помимо изменения время от времени среднего процента влажности, весь поступающий в котельную торф имеет пеструю влажность.

Так же разнороден торф и по размерам кусков. Вместе с крупными кусками в нем есть всегда значительный процент мелочи. Этот процент зависит, главным образом, от свойств залежи, при чем различные участки одного болота, особенно при машино-формовочном способе добычи торфа дают значительно различающиеся друг от друга проценты мелочи. Сжигание такого неоднородного топлива чрезвычайно затруднительно, о чем свидетельствует целый ряд сданных в архив торфяных топок. Лишь применение дорогих цепных решеток с предтопком в виде шахты дало возможность поднять сжигание торфа на известную высоту. Достигнуты высокие цифры как с'ема пара с поверхности нагрева, так и коэффициента полезного действия; однако неоднородность торфа оказывает неблагоприятное влияние на горение торфа и в шахтноцепных топках.

При увеличении влажности и процента мелочи резко падает, как с'ем пара, так и экономичность. Вследствие этого при проектировании котельной приходится базироваться на производительности котла на плохом торфе, т.е. значительно увеличивать число котлов.

Вторым недостатком кускового торфа является трудность даже при шахтноцепных топках регулировать интенсивность горения, т.е. паропроизводительность котла; наоборот, постоянно меняющееся качество торфа, независимо от воли персонала, изменяет нагрузку котла. Поэтому в лучших случаях торфяная котельная везет при слабом использовании своего оборудования постоянную нагрузку. При напряженной же работе котлов по меняющемуся графику, характерному для электроцентралей, и при обычном неоднородном торфе неизбежны посадки пара и сбросы нагрузки, что совершенно недопустимо для самостоятельных районных станций и котельных фабрично-заводских предприятий.

Третьим недостатком лучших торфяных топок—шахтноцепных—является их сложность, дороговизна и неизбежность периодических

ремонтот гораздо более частых, чем требует сам котел и его арматура, что вызывает установку большого числа резервных котлов и увеличивает расход на ремонт.

В противоположность кусковому торфу торфяной порошок достаточно однороден даже при допустимом колебании влажности от 15% до 25%. Горение такого порошка вполне устойчиво и повышение влажности отражается только на температуре горения, не требуя даже регулировки. Его горение, как и всякого пылевидного топлива, происходит с очень высоким коэффициентом полезного действия. Повышение коэффициента полезного действия при переходе от кускового торфа к порошкообразному, вероятно, не меньше, чем при угле, так как при торфе имеет место большая подсушка и придание топливу большей однородности. А между тем сжигание угля в пылевидном состоянии развивается гигантскими шагами и ряд фирм готовы переоборудовать котельные на порошок только за счет получающейся экономии.

Торфяной порошок дает возможность твердо базироваться на с'еме больших количеств пара с поверхности нагрева. По всей вероятности, можно говорить о рабочей нагрузке вертикального или морского типа (Бабкок и Вилькокс) котлов в 60 кг/м^2 , что по сравнению с расчетной (для неоднородного кускового торфа) нагрузкой при шахтноцепных топках в 40 кг/м^2 в $1\frac{1}{2}$ раза уменьшит количество рабочих котлов. Некоторый выигрыш получится и на числе резервных котлов, так как при надлежащем устройстве и хорошем охлаждении топочной камеры для пылевидного топлива можно обеспечить ее целостность в течение долгого времени. Уже сейчас фирмы и литература указывают сроки надежной работы топочных камер в несколько лет.

Регулировка нагрузки котла при пылевидном топливе вполне осуществима и легка; в этом отношении котельные с пылевидным горением можно приравнять к нефтяным, которые идеально покрывают любую колеблющуюся нагрузку.

Наконец, обслуживание котельной для торфяного порошка может быть упрощено до последней степени. Число рабочих котлов, как за счет повышения с'ема пара с единицы поверхности, так и за счет увеличения поверхности нагрева котла хотя бы до 2000 м^2 и выше, может быть доведено до минимума. Надзор и регулирование подачи порошка и горения чрезвычайно прост и без особого труда может быть автоматизирован, по образцу некоторых гораздо более сложных американских котельных.

Применение торфяного порошка при транспорте торфа на сравнительно большое расстояние (десятки километров) дает возможность удешевить железнодорожный транспорт, организовав дробление и сушку торфа на болоте. Все операции по нагрузке и разгрузке вагонов при торфяной сушке или порошке могут быть легко механизированы и значительно удешевлены. Провоз же торфа при применении больших саморазгружающихся вагонов также удешевится, как за счет сокращения пробега мертвого груза, так и за счет возки подсушенного

и следовательно, более теплоплотного топлива. При этом, размол торфа, вероятно, целесообразно производить в индивидуальных установках у каждого котла, так что храниться в силосах и бункерах и перевозиться будет сушенка, а не порошок. Такое решение вопроса, кроме того, устраняет опасность взрыва порошка в силосах и бункерах большого объема.

Всем этим преимуществам торфяного порошка противопоставляется только одно соображение — дороговизна оборудования для его приготовления и дороговизна самого приготовления. Некоторые операции, казавшиеся ранее трудно исполнимыми, как-то дробление кускового торфа в семечко и сушка этого семечка в настоящее время уже изучены и преодолены и их стоимость достаточно точно известна. Дробление оказалось очень простым и дешевым. Сушка же при использовании пара от турбины с противодавлением, особенно, если удалять из торфа всегда один и тот же процент влаги, что вполне возможно, также не слишком удорожит котельную.

В общем, как показывает расчет, пылевидная котельная с оборудованием для приготовления торфяного порошка обойдется всего на 15—20% дороже котельной с цепными топками. Не исключена возможность индивидуальной сушки и размола воздушно-сухого торфа перед каждым отдельным котлом, что свиняет капитальные затраты. Эксплуатационные же преимущества безусловно на стороне порошка.

В заключение нужно пожелать, чтобы как можно скорее была построена первая крупная котельная на торфяном порошке. Мы уверены, что опыт этой котельной убедит всех в правильности предлагаемого нами пути, радикально решающего вопрос сжигания торфяного топлива в крупных установках.

Остается упомянуть о методах работы Гидроторфа в области «облагораживания» торфяного топлива сушкой. Параллельно изучались вопросы по немецким, английским, французским и американским литературным источникам (книгам и журналам) и велись всесторонние испытания и приработка установленного на заводе Гидроторфа оборудования: дробителей, паровой и газовой сушилок, шнеков, центробежного и циклонного обеспыливателей, мельниц, брикетного пресса, насоса Квинтона.

Для завершения изучения вопросов, наши инженеры Б. В. Мокришанский и А. Г. Штумф подробно знакомы с брикетированием угля и торфа и приготовлением и сжиганием пылевидного угля в Германии, Франции и Бельгии. Результаты работ Гидроторфа в области превращения торфа в пыль и брикеты, производившиеся в течение ряда лет, изложены ниже.

В. Д. Кирпичников.

Искусственное досушивание некоагулированного и коагулированного окисью железа торфа.

При искусственном обезвоживании торфа вышедший из пресса после ковешного отжатия продукт необходимо довести до влажности в 20%, а для брикетирования и до влажности в 15%, путем высушивания в соответствующих установках; при этом торф может досушиваться в атмосфере воздуха, или же бедных кислородом дымовых газов и перемещаться в сушилке параллельно потоку газа или же в противоположном направлении. Выбор условий сушки торфа может быть сделан вполне рационально лишь после детального изучения тех изменений, которым подвергается торфяная масса при различных условиях сушки. Особенно важно выбрать надлежащие условия сушки торфа в том случае, когда досушиваемый торф предназначается для перегонки при низкой температуре с целью получения полужококса и первичной смолы, так как наиболее склонными к химическим изменениям являются битумы торфа, из которых преимущественно и образуется при сухой перегонке первичная смола; выбор неподходящих условий сушки может привести к таким изменениям битумов, которые повлекут за собой и значительное понижение выхода смолы и ухудшение ее качества.

Уже работы Фр. Фишера и его сотрудников позволяют ожидать, что при высушивании и торфа, и содержащиеся в нем битумы будут подвергаться значительным изменениям. Хотя Фр. Фишер и А. Шелленберг¹⁾ показали, что при 100° разболтаный в воде торф окисляется чрезвычайно медленно, однако при высушивании до 20 и 15% влажности в условиях более высокой температуры сушилок (150°) составные части торфяной массы могут показать совершенно другое отношение к кислороду воздуха. Исследования Фр. Фишера, Шнейлера и Шелленберга²⁾ о влиянии условий сушки бурого угля на выход первичной смолы показали, что исследованные ими угли относятся далеко не индифферентно как к кислороду воздуха, так и к повышенной температуре. Из приводимой этими исследователями таблица 2-ой³⁾ видно, что высушивание бурого угля на воздухе даже при обыкновенной температуре вызывает понижение выхода первичной смолы; высушивание же бурого угля при 105° в атмосфере воздуха вызывает еще большее понижение выхода первичной смолы. Эти данные показывают, что составляющие бурый уголь вещества окисляются кислородом воз-

1) Gesam. Abh. 3, 132.

2) Gesam. Abh. 3, 76.

3) Ibid., 2, 5, 86 и 8.

духа — медленно при обыкновенной и значительно быстрее при повышенной температуре. Можно предполагать, что этому процессу окисления подвергаются как гуминовые вещества, так и битумы бурого угля; последнее предположение находит подтверждение в работе Шнейдера¹⁾, показавшего, что В-битум окисляется при нагревании в атмосфере воздуха до 150°, при чем свойства битума, и прежде всего его способность растворяться в бензоле, претерпевают существенные изменения.

Эти исследования позволяют думать, что в торфе, как более молодом образовании, будут окисляться или подвергаться другим изменениям во время сушки углеводы, гуминовые вещества и битумы. В частности при высушивании коагулированного окисью железа торфа процессы окисления будут протекать иначе, чем в случае ничем не обработанного торфа, так как содержащий тонко распыленную окись железа торф показывает большую реакционную способность, в том числе и более легкую воспламеняемость при нагревании в атмосфере воздуха.

Приведенные соображения заставили химическую лабораторию Гидроторфа подвергнуть опытному изучению те изменения, которые претерпевают битумы коагулированного и некоагулированного торфа при различных условиях сушки. Для этого исследования надо было иметь запас вполне однородного торфа, с которым можно было оперировать, и естественный не измененный торфяной битум, свойства которого могли служить опорным пунктом при установлении тех изменений, которым подвергается битум торфа во время высушивания в определенных условиях. Вполне однородную торфяную массу мы имеем в гидромассе, прошедшей торфосос и растиратель. Иметь же вполне неизменный торфяной битум мы, к сожалению, не могли так как для его получения необходимо было высушить гидромассу с 96% воды при обыкновенной температуре и в отсутствии кислорода воздуха, что потребовало бы очень громоздкой аппаратуры и чрезвычайно большого промежутка времени; пришлось, поэтому, высушить гидромассу на воздухе при обыкновенной температуре и воздушно-сухой торф досушить в эксикаторе над серной кислотой до постоянного веса.

Для первой серии опытов были приготовлены следующие образцы торфов:

№ 1 — некоагулированный торф, высушенный на воздухе при обыкновенной температуре и досушенный в эксикаторе;

№ 2 — высушенный на воздухе и досушенный в атмосфере воздуха при 50—60°;

№ 3 — высушенный на воздухе и досушенный в атмосфере воздуха при 105°;

№ 4 — высушенный на воздухе и досушенный в атмосфере воздуха при 150°;

— — —

№ 5 — высушенный на воздухе и досушенный в атмосфере углекислоты при 105°;

№ 6 — высушенный на воздухе и досушенный в атмосфере углекислоты при 150°;

Коагулированный коллоидальным раствором окиси железа торф.

№ 7 — высушенный на воздухе при обыкновенной температуре и досушенный в эксикаторе над серной кислотой;

№ 8 — высушенный в атмосфере воздуха при 105°;

№ 9 — высушенный в атмосфере воздуха при 150°;

№ 10 — высушенный в атмосфере углекислоты при 105°;

№ 11 — высушенный в атмосфере углекислоты при 150°¹⁾.

Навеска каждого образца торфа (около 100 гр.) экстрагировалась эфиром в аппарате Сокслета до полного обесцвечивания растворителя, на что требовалось около 20 часов; после этого извлечение продолжалось еще 10 часов. Эфирная вытяжка сушилась сульфатом натрия, после фильтрования эфир отгонялся, а остаток выдерживался в эксикаторе над серной кислотой до постоянного веса.

Для полученных таким образом битумов определены числа кислотности по способу Шнора и водные числа по Гюбле. Результаты определения даны в таблице I.

Таблица I

№№ образцов торфа.	Температура сушки.	Род торфа.	Выход битумов в	Цвет экстракта.	Число кислотности.	Водное число.	Атмосфера сушки.
1	17°	Некоагулированный	4,13	Черно-бур.	32,6	49,8	Воздух
2	50--60°		3,80	"	43,6	48,8	"
3	100 105°		3,91	Желтый.	61,9	35,5	"
4	140 150°		1,76	"	62,7	26,4	"
5	100 105°	"	3,8	"	54,1	40,5	СО ₂
6	140 150°	"	2,05	Светло-желт.	61,0	26,3	"
7	17°	Коагулированный	4,1	Темн. бур.	36,6	35,4	Воздух
8	100 105°		3,8	Бурый.	44,8	29,1	"
9	140 150°		2,1	Желтый.	62,5	22,2	"
10	100 105°		2,60	Бурый.	37,2	38,5	СО ₂
11	140 150°		3,4	"	40,1	38,5	"

Числа таблицы показывают, что с повышением температуры высушивания в атмосфере воздуха выход экстрагируемых эфиром битумов падает, в то же время растет число кислотности и уменьшается водное число. Высушивание в атмосфере углекислоты при 105 и 150° также вызывает уменьшение выхода экстрагируемых эфиром битумов, хотя и в меньшей степени, чем высушивание в воздухе при тех же температурных условиях. Эти результаты находятся в согла-

¹⁾ Высушивание торфа производилось в трубке с электрическим нагревом, температура измерялась внутри трубки, через которую пропускаться ток воздуха или углекислоты.

сии с теми, которые были получены Фр. Фишером, Шнейдером и Шелленбергом¹⁾ при исследовании бурого угля.

Значительное повышение числа кислотности и уменьшение водного числа у битумов надо констатировать и для проб торфа, высушенных в атмосфере углекислоты.

Из этих данных видно, что при высушивании торфа в атмосфере воздуха при повышенной температуре имеют место процессы окисления битумов. Кроме этих процессов окисления происходит гидролитическое расщепление эфиров и полимеризация непредельных соединений. Гидролизом объясняется повышение числа кислотности у битумов торфа, высушенного в атмосфере углекислоты, когда процессы окисления не могли иметь места; процессы полимеризации вызвали понижение водного числа у битумов торфа, высушенного в атмосфере углекислоты. Так как падение водных чисел одинаково для торфа, высушенного в атмосфере воздуха и углекислоты, то отсюда можно заключить, что падение непредельности у битумов высушенного в воздухе торфа объясняется не процессами окисления, а явлениями полимеризации. Что касается повышения числа кислотности, то при высушивании в атмосфере воздуха оно происходило как за счет окисления битумов, так и вследствие гидролиза эфиров, так как кислотное число у битумов торфа, высушенного при тех же условиях температуры в атмосфере углекислоты, было ниже.

При сравнении результатов опытов для коагулированного и некоагулированного торфа приходилось сделать вывод на основании изменения водных чисел битумов при сушке этих торфов в атмосфере воздуха, что коагулированный коллоидальным раствором окиси железа торф более чувствителен к кислороду воздуха и повышению температуры, чем некоагулированный.

В целях проверки полученных результатов и выяснения влияния гидролиза на свойства битумов торфа была поставлена новая серия опытов; в этом случае из проб торфа, высушенных при различных условиях, были сделаны вытяжки эфиром и бензолом. Для полученных экстрактов были определены числа кислотности, омыляемости и водные. Числа омыления были определены, чтобы установить, имеют ли место при сушке торфа процессы гидролиза, или же они сопровождаются также и явлениями окисления.

Для всей этой серии опытов применялся исключительно коагулированный окисью железа гидроторф, так как его можно было путем фильтрования через подложку довести до влажности 88%, а затем в лабораторном прессе отжать до влажности в 65%; это ускоряло сушку и значительно облегчало работу.

Половина отжатого торфа была высушена на воздухе при обыкновенной температуре до влажности 26—30% и затем по частям досушена при повышенной температуре в атмосфере воздуха или углекис-

лоты. Другая половина после отжимания в прессе по частям помещалась в трубку и высушивалась сразу при повышенной температуре и атмосфере воздуха или углекислоты.

При высушивании в атмосфере воздуха при 140—150° влажного коагулированного торфа наблюдается характерное явление: как только отгонится некоторое количество воды, и температура внутри трубки подымется до 145°, начинается разложение битумов, при чем продукты разложения отгоняются с водяными парами в приемник, где и собираются в виде парафиноподобных чешуек. При высушивании в тех же условиях торфа, предварительно обезвоженного на воздухе при обыкновенной температуре до влажности 25—30%, этого явления не наблюдается.

Для этой серии опытов были приготовлены следующие пробы коагулированного торфа:

№ 1 — высушенный на воздухе и досушенный при 100—105° в атмосфере углекислоты;

№ 2 — высушенный на воздухе и досушенный при 140—150° в атмосфере углекислоты.

№ 3 — отжатый торф, высушенный в атмосфере углекислоты при 100—105°;

№ 4 — отжатый торф, высушенный в атмосфере углекислоты при 140—150°;

№ 5 — высушенный на воздухе и досушенный в атмосфере воздуха при 100—105°;

№ 6 — высушенный на воздухе и досушенный в атмосфере воздуха при 140—150°;

№ 8 — отжатый торф, высушенный в атмосфере воздуха при 140—150°.

Таблица II.

№ пробы	Температура сушки	Род торфа.	Применяемый растворитель.	Выход битума в %.	Число кислотности.	Число омыления	Подное число.	Атмосфера сушки.
1	100—105°	Вод. сух.	Эфир.	1,4	31,8	126	17,8	CO ₂
1	"	"	Бензол.	3,3	25,8	104,5	23,2	"
2	140—150°	"	Эфир.	3,3	29,9	125	25,9	"
2	"	"	Бензол.	2,7	14,8	111	25,4	"
3	100—105°	Отжатый	Эфир.	3,9	23,2	130,8	27,9	"
3	"	"	Бензол.	2,6	15,0	145,0	26,7	"
4	140—150°	"	Эфир.	3,2	22,1	119,0	27,5	"
5	100—105°	Вод.-сух.	"	3,98	34,3	163	18,8	Воздух.
6	140—150°	"	"	3,63	15,8	127,7	12,8	"
6	"	"	Бензол.	2,5	38,8	179,0	18,8	"
8	"	Отжатый.	Эфир.	2,0	71,0	181,0	25	"
8	"	"	Бензол.	1,6	51,0	133,0	23	"

Из проб №№ 1, 2, 3, 6 и 8 были сделаны бензольные и эфирные вытяжки, а для остальных только эфирные. Полученные экстракты были приготовлены для анализа так же, как и в первой серии опытов; числа омыляемости и кислотности определялись по два раза. Средние числа приведены в таблице II.

Данные таблицы II показывают, что выходы извлекаемых битумов изменяются в том же отношении с условиями высушивания, как и в первой серии опытов. При извлечении бензолом получаются меньшие выходы битумов, чем при извлечении эфиром. Числа кислотности изменяются мало для проб, высушенных в атмосфере углекислоты; но и в этом случае видна разница между торфом, высушенным предварительно на воздухе до влажности 25—30% и досушенным в атмосфере углекислоты, и торфом, отжатым в прессе и сразу досушенным в атмосфере углекислоты; числа кислотности для битумов из первого торфа несколько больше тех же чисел для битумов из второго торфа. Таким образом, битумы торфа способны окисляться даже при высушивании на воздухе при обыкновенной температуре.

Высушивание торфа при повышенной температуре в атмосфере воздуха вызывает дальнейшее окисление, что сказывается на повышении числа кислотности экстрагируемых битумов. Сушка отжатого торфа в атмосфере воздуха при повышенной температуре вызывает не только процессы окисления битумов, но и гидролитическое расщепление содержащихся в них эфиров, так как числа кислотности битумов из такого торфа показывают резкий скачок (№ 8); с этим согласуется и число омыления для эфирного экстракта.

Бензольные экстракты показывают меньшую кислотность, чем эфирные.

Июдные числа для битумов торфа, высушенного в атмосфере углекислоты, изменяются очень мало. Для битумов торфа, высушенного в атмосфере воздуха, получаются более низкие числа, чем для битумов торфа, высушенного в атмосфере углекислоты; следовательно, и эти числа говорят, что при высушивании в атмосфере воздуха битумы торфа подвергаются окислению.

Из данных этого исследования необходимо сделать вывод, что торф, предназначенный для сжигания и тем более для перегонки при низкой температуре, необходимо досушивать в атмосфере, по возможности лишенной кислорода (хорошие дымовые газы), и не особенно высокой температуре; последнее обстоятельство требует параллельного тока дымовых газов, а не противотока.

При параллельном токе можно пользоваться газами с высокой температурой, так как процессы разложения битумов начинаются только с того момента, когда влажный торф нагреется до 140—150°; в момент поступления в сушилку холодный влажный торф встретит горячие дымовые газы, когда они не могут еще вызвать нежелательных

процессов разложения; когда же торф нагреется до 100°, температура газов значительно понизится, а торф успеет за это время обезводиться до такой степени (влажность около 30%), что процессы гидролиза находящихся в нем битумов сделаются уже невозможными. Устранив процессы окисления составных частей торфа и разложения находящихся в нем битумов мы тем самым предохраняем торф от понижения его тепловорной способности и от такого изменения битумов, которые может обусловить понижение выхода смолы при сухой перегонке.

Дальнейшая экспериментальная проверка этих выводов может быть проведена только в промышленной сушилке; эта работа и поставлена в программу испытаний на заводе, когда будет возможность установить режим сушилки, пользуясь паром и дымовыми газами от своего котла.

Г. Л. Стадников.

492/1

492/1

Тепловая досушка торфа.

I. Особенности тепловой сушки торфа.

Главные ста-
дии сушиль-
ного процес-
са:

Тепловая сушка топлива, т.е. удаление из него влаги путем испарения, требует успешного проведения следующих стадий сушильного процесса:

- а) нагревания высушиваемого тела до температуры испарения воды;
- б) испарения воды;
- в) удаления водяных паров, выделившихся из высушиваемого тела за время сушки.

а) Нагревание.

Первая стадия — нагревание высушиваемого тела — связанная с затратой известного количества тепла, может происходить только при наличии на поверхности тела известного «температурного напора», под которым теплота внедряется в толщу материала.

Величина этого «напора» и удельная тепловая нагрузка наружной поверхности тела, сквозь которую проходит тепловой ток, определяются химическими и физическими свойствами нагреваемого материала.

Для того, чтоб создать наиболее благоприятные для сушки условия, высушиваемый материал предварительно подвергается некоторой подготовке. Сушильный процесс начинается с нагревания.

Нагревание в сушильках производится при помощи горячего воздуха, газов или водяных паров известной температуры и, обычно, при участии в качестве передатчика металлического теплопроводящего тела. Необходимо, с одной стороны, обеспечить теплопередачу от нагревающего тела к нагреваемому достаточно высоким температурным напором, а с другой — сделать сопротивление тепловому току минимальным.

Сопротивление это складывается из следующих величин:

а) сопротивления при теплопередаче от нагревающего тела (обычно, газы, воздух или пар) к металлическим частям сушильного аппарата. Оно убывает с увеличением скорости газов.

б) Сопротивления при прохождении тепла сквозь металлические части сушилки. Оно определяется теплопроводностью железа и весом нагреваемых железных масс

в) Сопротивления при переходе тепла от металлических частей непосредственно к высушиваемому топливу, либо к газам или воздуху.

г) Сопротивления при переходе тепла от газов к высушиваемому телу.

Два последние сопротивления могут быть уменьшены за счет увеличения поверхности соприкосновения между высушиваемым телом и нагревающей его средой и, кроме того, за счет увеличения скорости движения высушиваемого материала относительно нагревающего тела.

В зависимости от конструкции, продолжительность нагревания, определяющая собой производительность сушилки, при расходуемом расходе тепла, обратно пропорциональна поверхности нагрева, температурному напору и коэффициенту теплопередачи от нагревающего тела к нагреваемому. Сокращение продолжительности сушки, а вместе с этим и увеличение производительности сушилок - одна из главных задач конструктора сушильных аппаратов.

Процесс испарения воды является поверхностной реакцией: все пары, выделяемые высушиваемым телом, должны пройти сквозь его наружную поверхность. Отношение свободной для выделения паров поверхности тела, как бы «зеркала испарения», к его весу должно быть максимальным. При прочих равных условиях скорость испарения возрастает вместе с этими отношениями и определяется уже микроскопическими свойствами данного материала, в частности сопротивлением продвижению влаги внутри тела к его наружной поверхности. Наиболее благоприятный эффект испарения произошел бы в том случае, если бы высушиваемые тела находились во взвешенном состоянии.

Скорость испарения зависит прежде всего от разности между упругостью паров: в тонком слое воздуха или газов, окружающего высушиваемый материал, и в окружающей этот газовый слой газовой же среде. При движении этой среды скорость испарения становится пропорциональной корню квадратному из скорости движения газов (Hausbrand).

Чрезмерному увеличению этой скорости ставится предел уносом мелких частиц высушиваемого материала, которые увлекаются газовым или воздушным потоком. Обеспечив минимум уноса при максимальной скорости движения газов также представляет собой одну из важных задач конструктора сушилки.

Тепловая сушка торфа имеет в виду подготовить его к превращению в брикеты или в пилы.

В своем естественном необработанном виде торф не может быть подвергнут тепловой сушке без предварительной подготовки.

Влажность торфяной залежи — 90% - для своего испарения требует затраты такого количества тепла, которое значительно превышает теплопроизводительность безводной массы. Торф начинает становиться топливом только при влажности ниже 85%. При этой влажности затраты тепла на досушку начинают технически оправдываться. Для экономического оправдания необходимо еще более значительное понижение начальной влажности.

б) Испарение влаги.

в) Удаление выделяющихся паров.

Торф, как высушиваемый материал.

а) Начальная влажность.



Из диаграммы (фиг. 1) видно, что понижение влажности в пределах крутого участка кривой (выше 60%) является особенно важным, так как имеет следствием значительное уменьшение веса воды, который нужно испарить для получения 1 кг. абсолютно сухого торфа.

Это понижение начальной влажности торфа может быть произведено либо путем искусственного обезвоживания, либо при помощи воздушной сушки торфа на полях.

В первом случае — при обезвоживании по способу Гидроторфа — торф получается в виде цилиндрических «кухен», высотой в 40 мм. при диаметре в 500 мм. с средней влажностью в 55%, во втором — в виде известных кирпичей машинно-формованного торфа или размерами, примерно, 50 × 80 × 350 мм. (гидроторф) с влажностью в 30-40%.

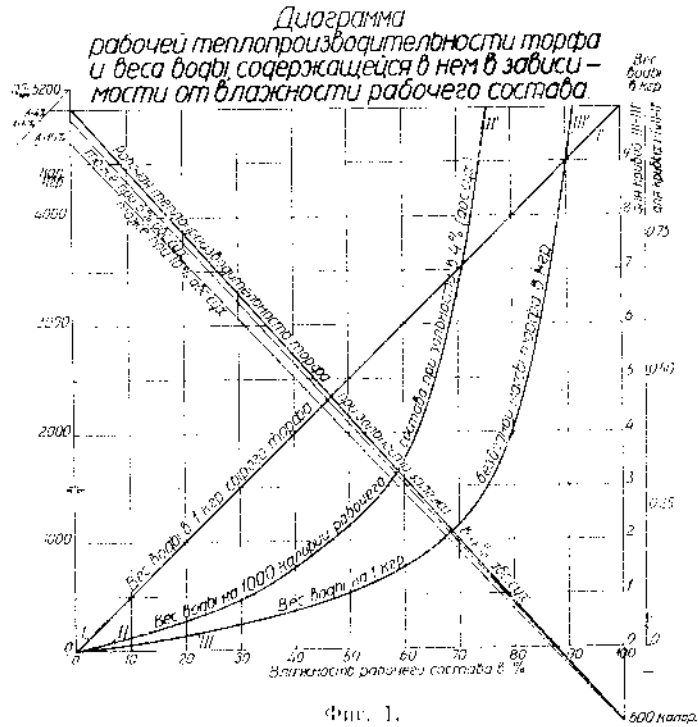
Понижение стоимости воздушной подсушки за счет повышения средней влажности торфа перед входом в сушилку против 40% неэкономично, так как оно удешевляет торф в пересчете на сухое вещество

крайне незначительно, а вместе с тем влечет за собой удорожание транспорта и требует либо устройства утепленных складов для зимнего хранения торфа, либо ограничения работы вылезготовительного или брикетного завода темным временем года.

б) Конечная влажность.

Конечная влажность торфа по выходе из сушилок определяется условиями производства брикетов и пыли. Опыты Гидроторфа над брикетированием¹⁾ устанавливают эту влажность в 15-18%. Продолжительная работа брикетного пресса на заводе искусственного обезвоживания при Г. Э. С. имени Классона показала, что наилучшие брикеты получаются при влажности близкой к 18%. Эта цифра и определяет собой предел досушки торфа на заводах торфяных брикетов. То обстоятельство, что на этих заводах торф, вероятно, будет превращаться и в пыль для сжигания под паровыми котлами, дела не меняет,

¹⁾ См. статью проф. Г. М. Стадника, „Основные условия брикетирования различных видов твердого топлива“.



Фиг. 1.

так как при влажности в 18% торф уже достаточно успешно размалывается в мельницах до тонкости, обеспечивающей его полное сгорание. Предусматривать на брикетных заводах установку особой сушилки специально для получения более сухой торфяной пыли усложнило бы оборудование без особой необходимости.

Вопрос о том, какова должна быть влажность торфа по выходе из сушилки на заводе торфяной пыли, не является разрешенным. Еще недавно преобладало мнение, что торф должен быть досушен только до тех пределов, при которых уже возможен размол его с затратой энергии примерно в 25—30 квт.тону. Такой размол в современных мельницах осуществляется при остатке в 25—30% на сите 4.900 и влажности торфа в 15—20%.

При опытах по сжиганию торфяной пыли, произведенных автором настоящей статьи, иногда применялась для сжигания пыль с влажностью в 25—28%, при чем встретившиеся затруднения при ведении режима в топке не казались непреодолимыми.

Тем не менее следует думать о более внимательном понижении влажности пыли торфяной пыли. В этом случае будут достигнуты следующие преимущества:

а) Испарение оставшейся в торфе воды будет происходить при температуре в 100°, а не в 1300°, как это имеет место в топках.

б) Произойдет понижение расхода энергии на размол торфа. Раншлер указывает, что для размолы, приближающегося по своим свойствам к торфу бурого угля, в трехвальцовых мельницах на общую теплотворную способность 10⁶ калорий и 0% влажности требуется 2,45 квт, а при влажности в 20% - 4,75 квт.

Опыты Гидроторфа по размолу торфа в мельницах Testona дают уменьшение расхода энергии на размол 10⁶ калорий торфа при переходе от влажности в 20% к 0% более, чем на 30%.

в) Горячий торф по выходе из сушилки при высокой влажности (ниже гигроскопического пункта) не будет выделять паров в шнеках и транспортирующих устройствах, конденсация которых влечет за собой как бы смазывание наружной поверхности торфяных зерен, что имеет следствием застревание торфа в бункерах и закупоривание шнеков.

Способность торфа вытравливать из окружающего воздуха влагу до состояния гигроскопического насыщения вряд ли может служить препятствием к понижению влажности пыли.

При обычных наших температурных и атмосферных условиях, состояние гигроскопического насыщения торфа наступает при влажности в 16—18%. Тем не менее скорость вытравливания влаги из воздуха в бункерах, мельницах и транспортирующих устройствах становится настолько незначительной (благодаря относительно малой поверхности торфа, сквозь которую может войти влага), что существенное повышение влажности при этих устройствах, повидимому, вряд ли возможно вообще.

Существенным препятствием к понижению влажности высушенного торфа является пожарная опасность. Эта опасность возрастает при сушке торфяной мелочи неодинаковых размеров и влажности.

Интересно отметить, что, несмотря на последнее неприятное обстоятельство, на некоторых германских заводах уже сделаны попытки понижения влажности бурого угольной пыли. Rammler¹⁾ указывает, что в настоящее время увеличивается число сторонников сушки бурого угля до 10—12%, вместо традиционных 15—18%, а в Ludwig's близ Bitterfeld'a достигнута влажность бурого угольной пыли в 2%.

в) Размеры кусков.

Предварительно обезвоженный и подсушенный на воздухе торф представляет собой кирпичи слишком больших размеров; для успешного проведения сушки необходимо раздробить их до кусков, с поперечником ок. 15 мм.

г) Особенности досушки искусственно обезвоженного торфа.

Известные затруднения может встретить досушка искусственно обезвоженного торфа. При дроблении отжатых в прессе кирпичей частично выделяется подмешанный к торфу перед отжимом порошок, который еще в прессе успевает повысить свою влажность до 40%. В данном случае приходится иметь дело с весьма различным по влажности материалом, при чем порошок, уже один раз прошедший через сушилку, будучи вторично увлажнен, отдает свою влагу легче, чем при первой сушке. Для того, чтобы уравнять влажность пыли и остального искусственно обезвоженного торфа, порошок этот следует отсеять, либо установить перед сушилкой большой бункер, в котором отжатый и раздробленный торф успеет бы задержаться на некоторое время и принять одинаковую влажность.

Нужно отметить, что до настоящего времени наличие такого порошка во время сушки торфа на заводе Гидроторфа никаких осложнений не вызывало.

Тем не менее, запас сырого торфа перед сушилкой, вообще говоря, всегда крайне желателен, так как служит лучшей гарантией против внезапных перерывов в подаче торфа и связанной с этим пожарной опасности.

д) Величина температурного напора при сушке торфа.

Обычная температура воспламенения некоагулированного торфа в атмосфере воздуха достигает для торфа абсолютно сухого около 130°C и ниже, что и определяет собою пределы температурного напора, который может быть выдержан торфом естественной сушки.

Величина температурного напора при сушке искусственно обезвоженного торфа должна быть понижена. Опыты Гидроторфа²⁾ устанавливают, что коагулированный коллоидальным раствором окиси железа гидроторф более чувствителен к кислороду воздуха и повышению температуры, чем некоагулированный.

Понижение тепловорной способности торфа в случае сушки коагулированного торфа в атмосфере воздуха при температуре около

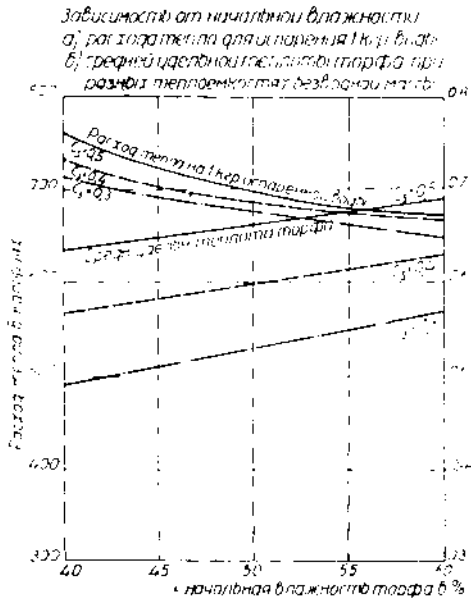
¹⁾ Braunkohle 1926. Archiv für Wärmerwirtschaft 1926.

²⁾ Статья проф. Г. Л. Стадишкова „Искусственное досушивание некоагулированного и коагулированного окисью железа торфа“.

150° может составить, примерно, 10% от теплопроводности органической массы, благодаря выделению битумов.

Устранение этого явления может произойти в том случае, если сушка будет происходить в атмосфере углекислоты, при чем будет обеспечено, что досушенный внутри сушилки до влажности в 30% торф не будет соприкасаться с газами с температурой выше 140°. Очень важно наблюдать за тем, чтоб температура торфа по выходе из сушилки не превышала 70—80°C.

Для выбора типа торфяной сушилки, необходимо прежде всего установить пределы колебаний влажности поступающего в нее торфа и соответствующее количество воды, которое должно быть испарено в сушилках.



Фиг. 2.

Расход тепла на нагревание торфа до температуры испарения воды зависит, с одной стороны, от его влажности, с другой — от удельной теплоты абсолютно-сухого торфа. Последняя, вообще говоря, зависит в свою очередь от состава и степени разложения торфа. Приблизительно значение ее колеблется в пределах от 0,3 до 0,5.

Применительно к ним, составлена нижесприведенная таблица I, дающая величины теоретического расхода тепла на нагревание торфа до температуры испарения воды при атмосферном давлении.

Расход тепла на нагревание торфа

Таблица I.

Влажность торфа перед вводом в сушилку в %	60	55	50	45	40
Влажность торфа при выходе из сушилки в %	15	15	15	15	15
Вес торфа, поступающего в сушилку для получения 1 кг. сух. продукта кг.	2,12	1,89	1,7	1,54	1,41
Удельная теплота безводной массы торфа	0,3 0,4 0,5	0,3 0,4 0,5	0,3 0,4 0,5	0,3 0,4 0,5	0,3 0,4 0,5
Средняя удельная теплота сырого торфа	0,56 0,63 0,68	0,54 0,61 0,67	0,52 0,59 0,66	0,51 0,58 0,65	0,49 0,56 0,63
Теоретический расход тепла для испарения 1 кг. воды	617 669 678	651 668 682	680 682 700	687 705 726	710 750 780

Диаграмма (фиг. 2), составленная на основании этой таблицы, дает представление о зависимости теоретического расхода тепла в сушилке от влажности поступающего в сушилку торфа при разных теплоемкостях последнего. Из этой диаграммы видно, что теплотехнически сушка более влажного торфа выгоднее, чем сушка торфа с меньшей влажностью, так как в последнем случае приходится подогревать более значительную по весу часть безводной массы. Разница эта возрастает в случае сушки торфа с более значительной удельной тепло-

Самой собой разумеется, что практические цифры расхода тепла на сушку значительно выше: необходимо нагреть воздух, заключающийся в сушилке и в торфе, перегреть выделившийся пар и покрывать потери в окружающую среду. Степень приближения практических цифр расхода тепла в сушилке к указанным выше служит мерой экономичности работы сушилки выбранного типа.

Сушка в вы-
соком вакуу-
ме.

Выше рассматривалась сушка в воздушной или газовой среде при давлении, близком к атмосферному. С уменьшением давления в сушилке, температура парообразования начинает падать и при вакууме в 99% будет составлять только несколько градусов. При таких условиях в случае нагревания значительно ускорится процесс испарения и несколько сократится расход тепла. По норвежским опытам¹⁾ с сушкой дерева при температуре в 55°, процесс выделения паров, при наличии высокого вакуума, происходил настолько бурно, что древесные волокна механически разрывались. Происходило выпаривание и как бы выдавливание воды вместо обычного испарения.

Сушка при
высоком дав-
лении.

Американцы²⁾ изучают явления, связанные с сушкой торфа при высоком давлении, с повышением которого уменьшается скрытая теплота парообразования и сокращается расход тепла на сушку. При давлении в 200 атмосфер и обусловленной им температуре в 370°C, для испарения воды понадобится около 500 калорий/кг, что приводит грубо к 20% экономии в расходе тепла, не считая работы компрессии. Обращенная в пар при давлении в 200 атм. вода должна расширяться до вакуума в паровой турбине, а высушенный торф частично идет на получение необходимого количества пара.

Вышеприведенные сведения о зарубежных работах по сушке торфа при высоком вакууме и высоком давлении не дали пока практических результатов. Дальнейшее рассмотрение вопросов сушки коснется только сушилок, имеющих в настоящее время промышленное значение.

II. Существующие топливные сушилки и оценка их с точки зрения применимости для сушки торфа.

Данные, ха-
рактеризую-
щие опреде-
ленный тип
сушилки.

Для характеристики определенного типа сушилки, работающей при заданных условиях, обычно приводятся следующие данные:

¹⁾ Albert of Forsell. „Industitidningen“ 1921 г.

²⁾ World Power 1924 № 9. Fletcher. „The Drying of Peat for Power Production“.

а) Расход тепла на испарение 1 кг. испаренной воды в калориях (иногда термический коэффициент полезного действия сушилки).

б) Испарительность одного квадратного метра поверхности нагрева сушилки, измеренная в килограммах испаренной воды, приходящейся на 1 м² поверхности нагрева. Иногда испарительность сушилки характеризуется теплонапряженностью поверхности нагрева: калор. м²/час.

в) Пропускная способность сушилки в кг. сырого материала на 1 см² сечения сушильных барабанов, по которым продвигается высушиваемый материал.

г) Потери силы тяги при проследывании газов или воздуха.

д) Расход электрической энергии на одну тонну высушенного продукта.

Нагревающим материалом в топливных сушилках служат топочные газы, водяной пар или то, и другое вместе. Воздух для нагревания топливных промышленных сушилок не применяется.

В соответствии с этим, сушилки разделяются на 2 главные группы: газовые и паровые.

Газовые сушилки могут быть разделены по роду движения в них топлива от входного отверстия к выходному — на вертикальные и горизонтальные. Газовые сушилки:

Вертикальные сушилки — обычно стационарного типа. В них топливо перемещается исключительно за счет своего веса, часто без каких-либо принудительных приспособлений. а) Вертикальный тип.

Сушилки эти, получившие особое распространение в Америке для подсушки мало влажных углей, отличаются чрезвычайной простотой конструкции и требуют незначительного ухода. Эскизы двух наиболее распространенных сушилок этого типа (каждого) показаны на фиг. 4 и фиг. 5.

Пропускная способность сушилок «Useco»¹⁾ около 5—6 тонн сырого угля в час при начальной влажности около 10% и конечной ок. 2%. Расход электрической энергии составляет ок. 3 квч. на тонну высушенного угля. Нагревание сушилки производится при помощи газов, выходящих из экономайзеров.

Характерные данные для двух сушилок Randolph-Fuller²⁾ приводятся в таблице II.

Близкие к приведенным цифры даны Münzinger'ом для вертикальной сушилки на 6 тонн высушенного угля в час при котлах американской электрической станции «Sahokia». Расход электрической энергии на 1 тонну высушенного угля в Sahokia был равен—2,66 квч тонн.

В таблице II интересно отметить большую разницу в производительности между обеими сушилками, объясняемую тем, что при опы-

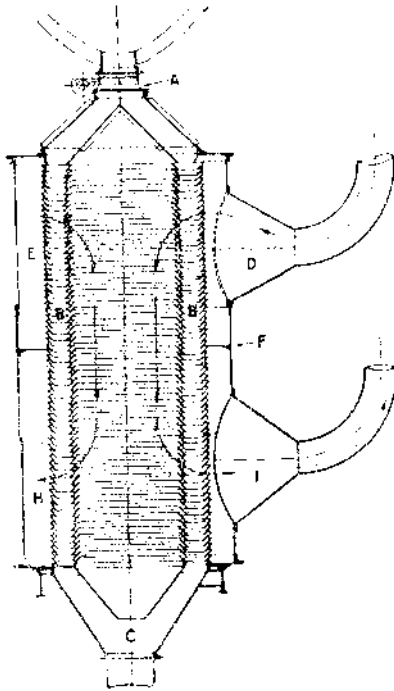
¹⁾ Harvey „The Pulverised Fuel, the Colloidal Fuel & Smokeless Combustion“.

²⁾ V. D. I. 1926. № 25. Näske. „Kohlenstaubaufbereitung in Grosskraftwerken“.

тах в Middletou сушилка была тщательно уплотнена, так что засос воздуха в ней оказывал меньшее влияние на сушку, чем при опытах в Sud Carolina.

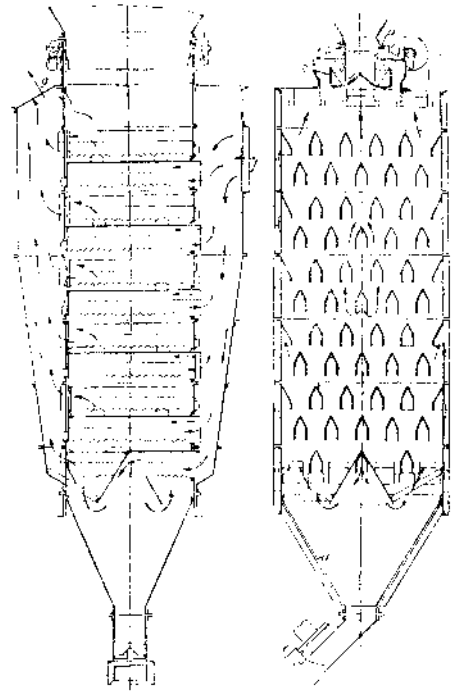
Таблица II.

Место производства опытов.	Станция „Sud Carolina Broad RiverС ^о “.	Станция „Metropolitan Power С ^о Middletou Penn ^а “.
Производительность сушилки тонн/час	5,6 —5,7	3,24 —3,35
Влажность угля при входе %	2,35— 1,9	9,51— 10,02
Влажность угля при выходе %	0,87 —0,57	1,59 — 2,15
Удаленная влажность в %	1,48— 1,83	7,27—8,27
Температура угля при входе °С	10— 9	2,5 — 4
Тоже при выходе °С	17—48	48—57
Температура газов при входе °С	124— 111	146—181
Температура газов при выходе °С	42 —43	51— 61
Потери тяги мм в. с.	35,5—37,7	127 —134
Расход газа в м ³ /час	19200—20700	11000 —11800
Расход газа в м ³ /кг. угля	3,18 — 3,63	3,25 — 3,56



Фиг. 3.
Сушилки „Usco“.

- A -- вход сырого угля.
- B -- сушильные камеры.
- C -- выход сухого угля.
- D -- вход газов.
- E -- камера для горячих газов.
- F -- перегородки для разделения камер.
- H -- камера для охлаждения газов.
- I -- выход газов.



Фиг. 4.
Сушилки „Fuller-Randolph“.

- a -- нижняя часть бункера.
- b -- затвор при входе угля в сушилку.
- c -- гляделки.
- d -- воронка для выхода угля.
- e -- затвор при выходе угля.
- g -- выход газов.
- l -- вход газов.

Малая испарительная способность сушилок этого типа, определяемая относительно малой поверхностью испарения и плохим перемешиванием топлива с газами, сама по себе уже делает их неприменимыми для сушки влажных топлив. При сушке более легкого и невязкого, чем уголь, торфа, процесс несомненно будет затрудняться неизбежным застреванием его в сушильных камерах.

Известным шагом вперед в вертикальных сушилках является введение принудительного движения топлива в целях лучшего перемешивания его с газами. Подобные сушилки уже установлены на Электрической станции Philo в Америке и начинают распространяться во Франции под именем сушилок Rebl (фиг. 5).

Эксплуатационных данных для этих сушилок в нашем распоряжении пока не имеется, а потому судить о степени их пригодности для торфа, по сравнению с другими типами — преждевременно.

Горизонтальные газовые сушилки, несмотря на свою громоздкость, получили большое распространение. Большинство из них относится к, так называемому, „барабанному“ типу и может быть подразделено по способу обогрева на следующие группы:

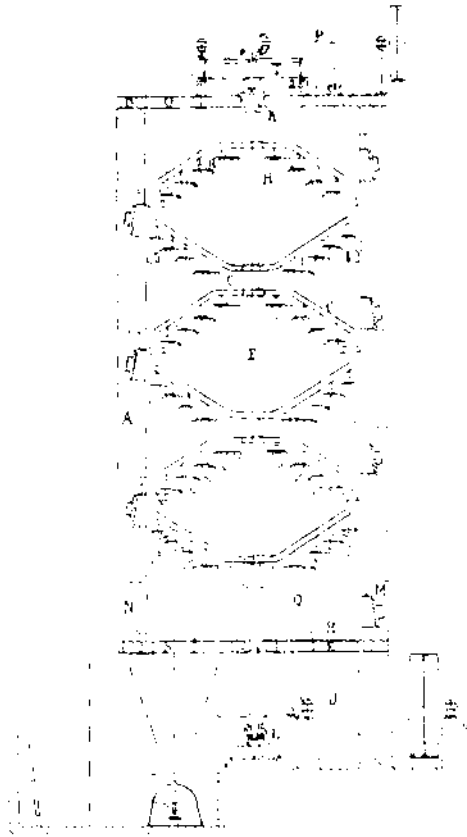
1) Газы обогревают наружную поверхность барабана и входят внутрь его только после того, как температура их значительно понижается.

2) Часть газов входит в барабан, а остальные газы обогревают всю наружную поверхность его и в некоторых конструкциях уже только после этого попадают в барабан.

3) Газы входят в центральную трубу, помещенную внутри барабана и вращаются обратно, уже соприкасаясь с высушиваемым топливом.

4) Газы входят в барабан и, двигаясь параллельно с движением топлива или в обратную сторону, высушивают его.

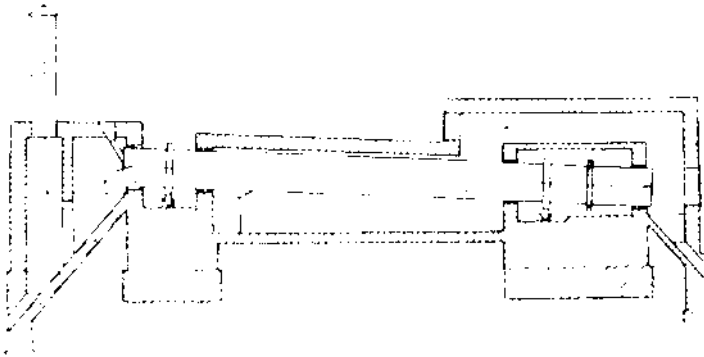
Сушилки первой группы появились в Европе около 1898 года и были устроены по следующей схеме (фиг. 6):



Фиг. 5. Сушилка Rebl.

б) Горизонтальный тип.

Сушилки этого типа оказались непригодными для влажных топлив, т. к. отличались крайне малой производительностью. Вскос увеличение количества просасываемых газов вызывает в них настолько большую потерю силы тяги, что приходится считаться с довольно

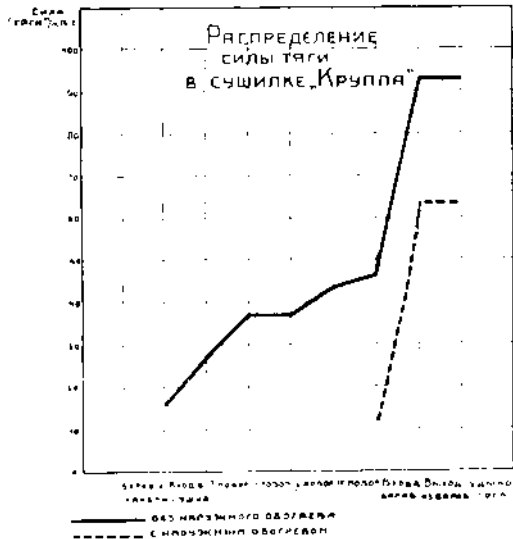


Фиг. 6. Барабанная сушилка с наружным обогревом.

крупными потерями и на ничем больших разрежениях еще до входа в сушильный барабан. Отсюда значительный засос воздуха через неплотности сушилки и связанное с ним понижение температуры в ней.

На диаграмме (фиг. 7) представлены кривые силы тяги внутри сушилки Круша, установленной на заводе искусственного обезвреживания Гидроторфа подле Государственной Электрической Станции имени инж. Р. Э. Классона.

При расходе газов около 20.000 м³ час разрежение перед входом в сушильный барабан составляло около 45 мм. Количество засосанного сквозь неплотности сушилки воздуха составляло около 90 „ общего количества газов. В случае подвода газов непосредственно в барабан, количество просасываемых газов при тех же затратах энергии на тягу могло быть увеличено приблизительно на эту же цифру.

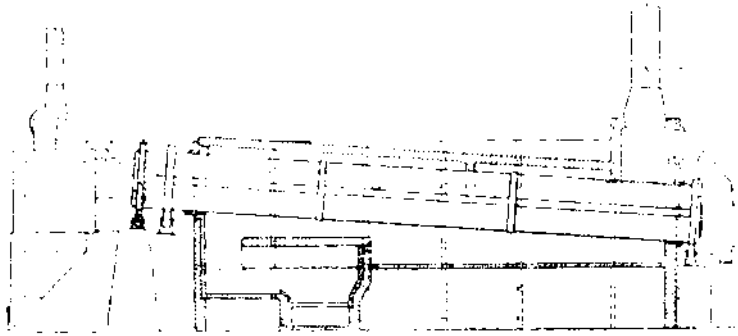


Фиг. 7.

Уменьшение расхода газов путем повышения их температуры в сушилках этого типа приводит к прогоранию барабана у места входа газов и к опасности воспламенения топлива. Предложенное фирмой «Allis Chalmers C» изменение конструкции (Type Evro-dryer — фиг. 8) мало улучшало дело, так как эта сушилка также представляет собой большое сопротивление потоку газов.

Вторая группа сушилок в европейской практике распространены не получила. В качестве примера такой сушилки приводится «The Steinert Rotary Dryer» (фиг. 9).

Сушилки 3-й группы ввиду многочисленными видами изменениями ввиду практического применения как в Европе, так и в Америке (Diskuss. Turc. — фиг. 10) для сильно влажных топлив.

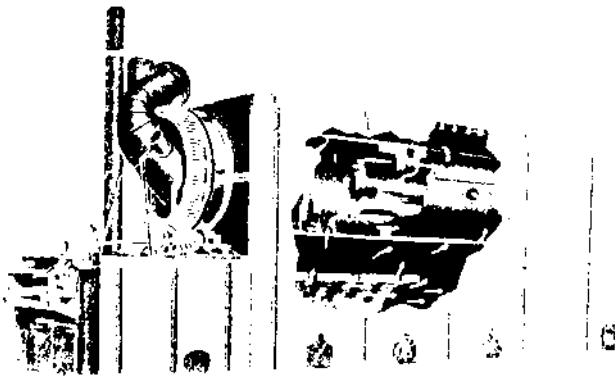


Фиг. 8. Сушилка типа „Lind-dryer“.

Helbig отмечает высокую производительность подобных сушилок и большой унос пыли из них.

Последняя группа ввиду наиболее простая по своей конструкции (фиг. 11), оказалась вместе с тем наиболее подходящей для сушилки влажных топлив.

В работе проф. Г. Л. Ставicka¹⁾ уже отмечалась желательность сушилки торфа параллельным током газов. Как видно из нижеприведен-



Фиг. 9. Сушилка „The Steinert Rotary Dryer“.

ных диаграмм²⁾ (фиг. 12 и 13), сушка прямым током является наиболее безопасной, так как в этом случае горячие газы соприкасаются с более влажным торфом. При установившемся тепловом режиме сушка влажного (50—60%) ильг вполне успешно впри высоких

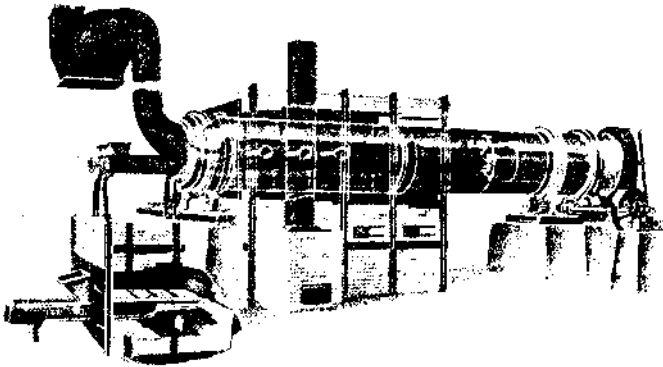
(ок. 700) Цивольных температурах. Опасность пожара от случайно попадающих искр фактически отсутствует, так как искры при падении на влажный торф тухнут.

Опыт Гидроторфа подтверждает полную возможность сушить влажный (ок. 60%) торф воздушной подушкой при температуре вхо-

¹⁾ Профессор Г. Л. Ставicka в „Искусственное дозревание некондиционированного и коагулированного окисью железа торфа“.

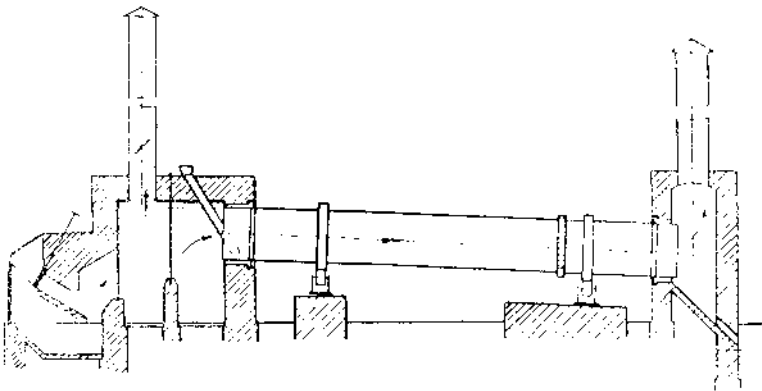
²⁾ Steinert, „Der Torf & seine Verwendung“.

дящих газов в 500°C. Сушка коагулированного торфа при такой температуре обычно сопровождалась выделением летучих из торфяной пыли, осевшей на стенках камер у входа в сушильный барабан и выхода из него. Для изучения этого явления и борьбы с ним в недалеком будущем будет произведен на заводе Гидроторфа ряд опытов.



Фиг. 10. Сушилка „Viscose Turb“.

В целях улучшения теплопередачи, барабан в сушилках данного типа обычно подразделяется на ряд мелких ячеек, и высушиваемый торф разбивается на отдельные струйки, обладающие значительно



Фиг. 11. Барабанная сушилка без наружного обогрева с параллельным током газа.

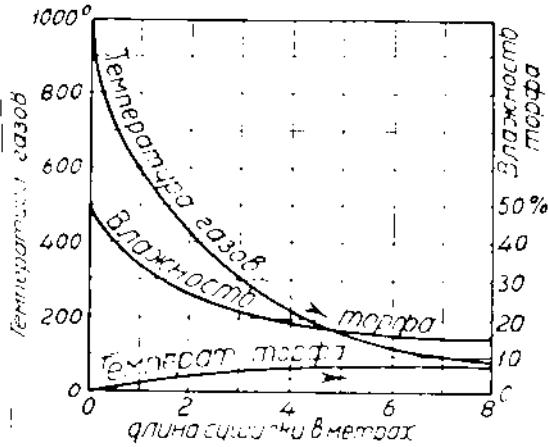
большей поверхностью нагрева и испарения, чем, если бы он двигался сплошной массой¹⁾ (фиг. 14).

При этом теплота жадно воспринимается металлическими частями сушилки и передается торфу через большую поверхность соприкосновения. Сушка идет быстрее, и длина барабана значительно уменьшена. Условия для вноса пыли здесь менее благоприятны, чем у других сушилок, и, кроме того, сечение барабана используется газами почти равномерно.

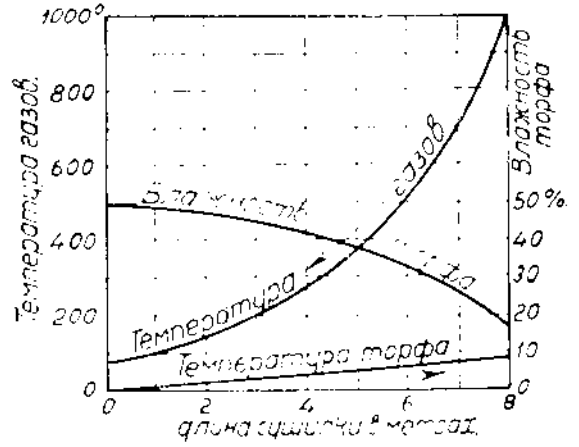
¹⁾ Helbig. „Brennstaub“.

Сушки эти работают с относительно малой потерей тепла в окружающую среду, а потому не изолируются.

Значительное улучшение теплопередачи достигается в трубчатой газовой сушилке американской фирмы «The Grindle Fuel Equipment Co» (рис. 17), включающей собой первую трубчатую сушилку

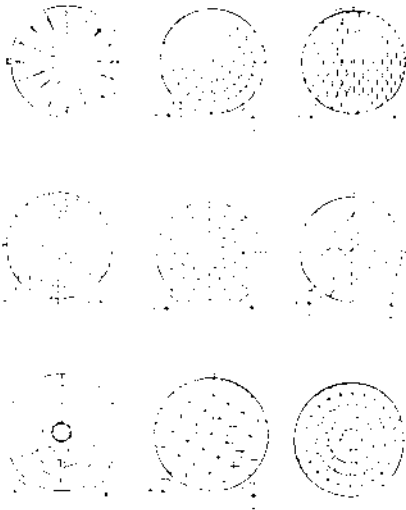


Фиг. 12. Параллельный ток.

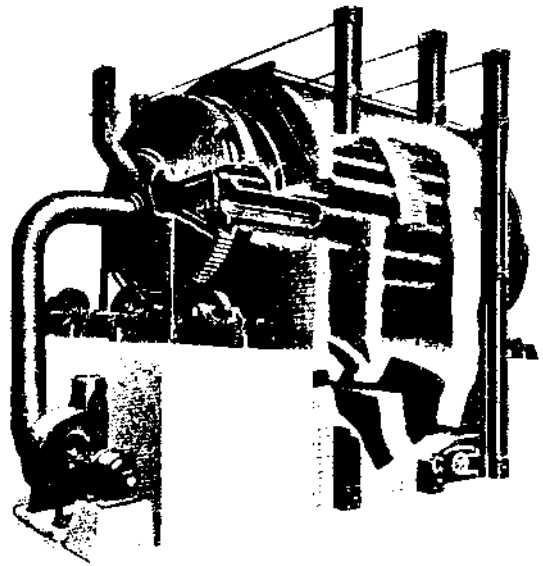


Фиг. 13. Противоток.

Здесь диаметр труб составляет только 5 метров и размеры сушилки настолько незначительны, что отпадают все затруднения, связанные с проектированием сушильного здания, которое получается крайне простым и компактным (фиг.).



Фиг. 14.



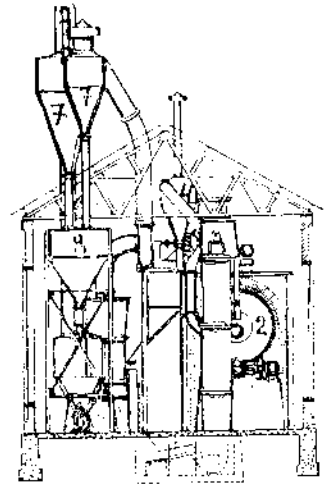
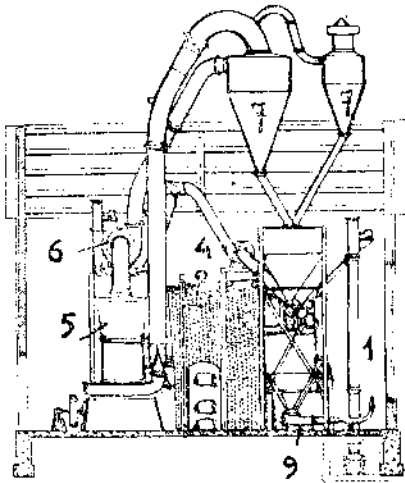
Фиг. 15. Сушилка The Grindle Fuel Equipment Co.

Ниже приводятся технические данные фирм некоторых горизонтальных газовых сушилок для бурых углей (сушка угля от начальной влажности в 55 до влажности в 15%).

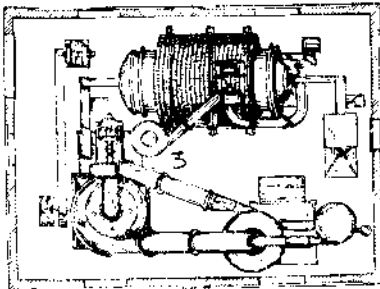
Таблица III.

Ф и р м а.	Главные размеры в метрах.		Температ. входящих газов °С.	Расход тепла на 1 кгр. испаренной воды в калор.	Расход электр. энергии на 1 т. высушенного продукта в квч.	Производительность в тоннах высушенного угля в час.
	Длина.	Диам.				
„Bomag - Megtin - Böttner“.	4—15	0,8—3	до 1000°	800—1000	1—5	до 10
Fellner & Zeigler.	4	0,6	—	900—1000	3—6	0,2
	12,25	2,25	—	900—1000		16
Krupp Grusonwer.	—	—	—	1250	3,5 малые	1—15
	—	—	—	—	0,5 больш.	—
Böttner Werke A.G. Uerdingen-Rhein	—	—	—	850	2,2	до 12

Продолжительность пребывания угля в этих сушилках ок. 35 мин. Число оборотов барабана в минуту : 3 — 5.



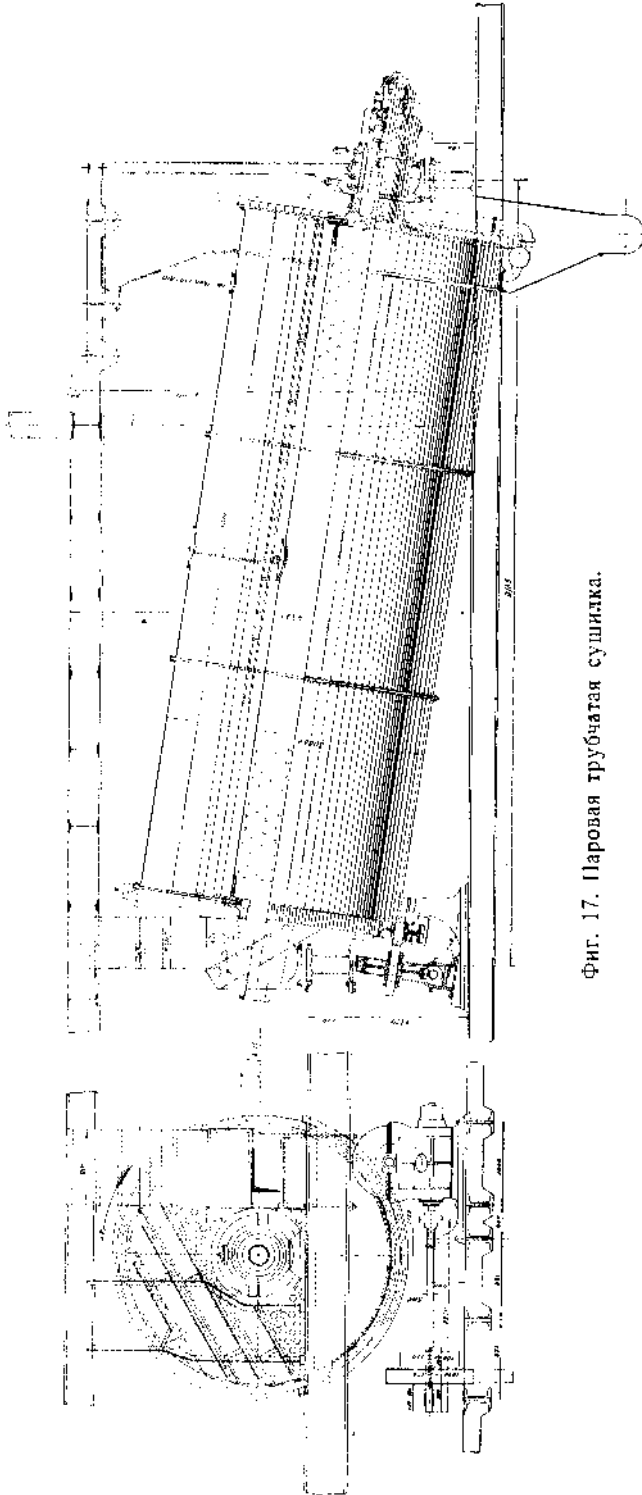
Фиг. 16. Пылезаготовительная станция „The Grindle Fuel Equipment“.



1. Элеватор для сырого угля.
2. Сушилка.
3. Экстаустор.
4. Циклон для очистки сушильных газов.
5. Мельница.
6. Вентилятор для транспорта пыли.
7. Циклоны для отселения пыли от воздуха.
8. Бункера для пыли.
9. Насос Канюв.

Как указывалось выше, далеко не все газовые сушилки могут быть использованы для сушки торфа.

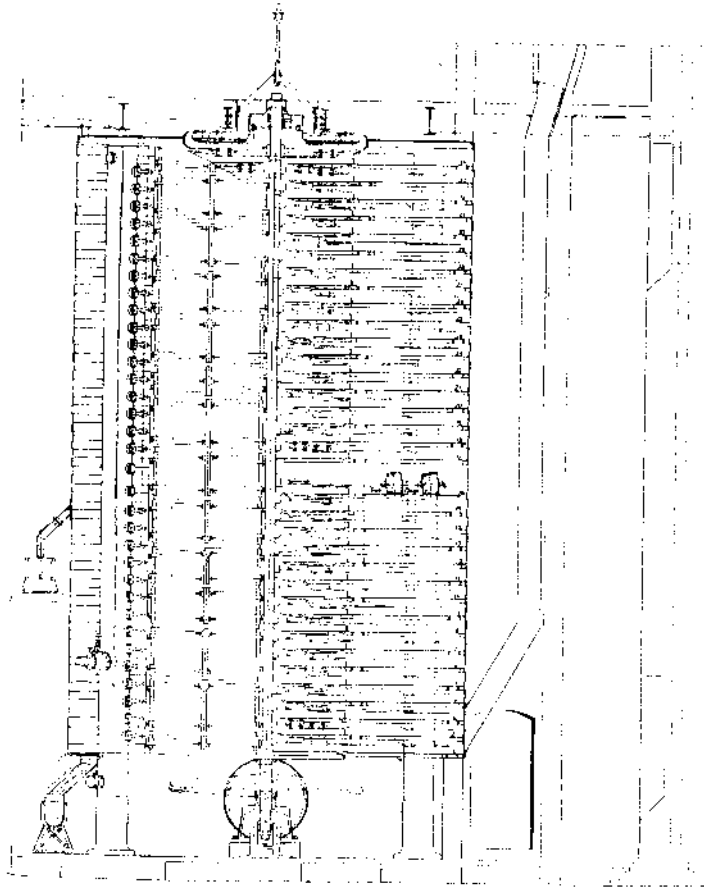
Стационарные сушилки неприменимы вовсе, а из прочих типов наиболее удобным является сушилка с прямым током газов без наружного обогрева, подразделенная на мелкие ячейки.



Фиг. 17. Паровая трубчатая сушилка.

Паровые сушилки.

Из всех газовых сушилок этот тип при сушке торфа имеет пока преимущественное распространение. Из паровых сушилок для влажных топлив (бурого угля и торфа) в Европе получили преимущественное распространение 2 типа: трубчатые и тарельчатые. Конструкция трубчатой сушилки изображена на фиг. 17; конструкция тарельчатой на фиг. 18 и 19.



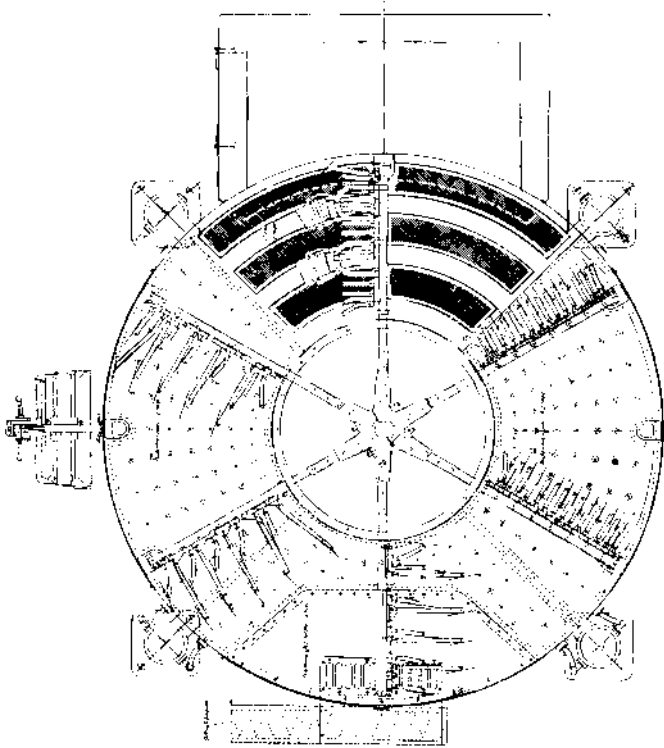
Фиг. 18. Паровая тарельчатая сушилка.

Давление пара в сушилках обоих типов обычно составляет 2—3 рабочие атмосферы. В нижеследующей таблице IV подсчитан теоретический расход пара на нагревание торфа до температуры испарения воды без учета потерь в сушилке при разных давлениях пара:

Таблица IV.

Давление пара атм. абс.	2				3				4			
Теплосодержание пара кал/кг.	643				647				650			
Теплосодержание конденсата в кал/кг.	99,6				99,6				99,6			
Начальная влажность торфа в %	60	55	50	45	60	55	50	45	60	55	50	45
Теоретический расход пара на нагревание торфа до испарения воды при удельной теплоте сухого вещества равной 0,4	1,21	1,23	1,25	1,3	1,2	1,22	1,24	1,29	1,19	1,21	1,23	1,23

Отсюда следует, что расход пара на сушку торфа почти не зависит от давления, а потому повышение давления для сушки нецелесообразно, так как всегда более выгодно использовать избыток давления пара для получения дешевой электрической энергии.



Фиг. 19. Паровая тарельчатая сушилка (план).

Повышение давления пара, почти не влияя на расход тепла, может значительно сказываться на производительности сушилки (таблица V).

Таблица V.

Давление пара атм. абс.	Теплоемкость пара кал./куб.р.	Температура насыщенного пара.	Трубчатая сушилка.		Тарельчатая сушилка.	
			Испарительная способн. кгр./м ² .час.	Теплонапряженность пов. нагрева кал./м ² .час.	Испарительная способн. кгр./м ² .час.	Теплонапряженность пов. нагрева кал./м ² .час.
2,0	646,9	119,6	2,71	1725	2,61	1680
2,5	519,3	126,8	3,2	2060	3,09	2000
3,0	651,2	132,9	3,55	2330	3,45	2246
3,5	652,8	138,18	3,845	2510	3,7	2410
4,0	654,2	142,91	4,15	2700	3,98	26000

- Примечание 1. Начальная температура торфа принята равной 0, а конечная 100 °С.
 2. Под поверхностью нагрева тарельчатой сушилки понималась вся поверхность, нагретая паром.

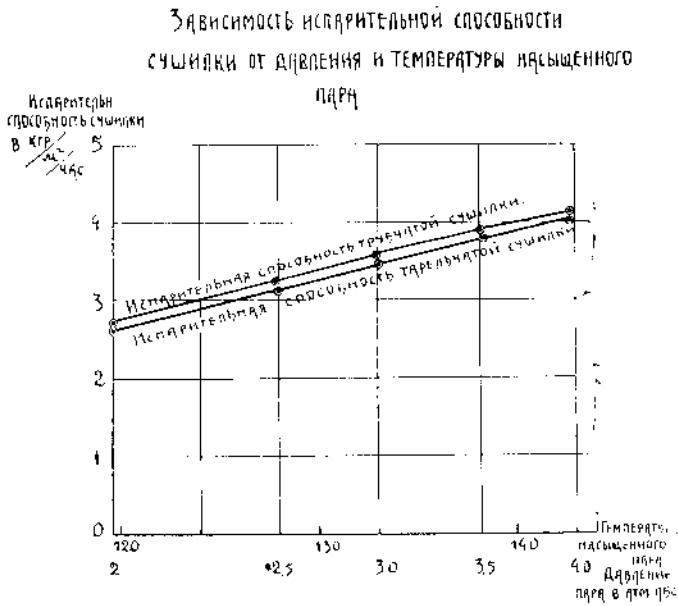
Ниже приводится диаграмма (фиг. 20), дающая зависимость производительности сушилок от давления (температуры) насыщенного пара.

Большая производительность трубчатой сушилки определяется лучшей циркуляцией и большей скоростью пара. Теплопередача от пара к стенкам труб в этих сушилках теперь может быть еще улучшена с недавним введением паровых сопел.

Повышение температуры пара путем перегрева понижает испарительную способность сушилки, так как в этом случае сильно ухудшаются условия теплопередачи. Foos ¹⁾

указывает, что при перегреве пара на 1° испарительная способность обычных барилочных паровых сушилок уменьшается приблизительно на 0,3%.

В отношении трубчатых сушилок уже сейчас ²⁾ принимаются меры для улучшения их производительности путем повышения коэффициента теплопередачи от стенок труб к торфу и увеличения



Фиг. 20.

поверхности соприкосновения их между собой. В трубах сушилок закладываются спирали из жести, с таким расчетом, чтобы осуществить лучшее перемешивания торфа и несколько задержать его внутри труб. На фиг. 21 изображены такие спирали в изготовлении двух фирм, строящих трубчатые сушилки, Maschinenfabrick Buekau и Zeitzer Eisengiesserei & Maschinenbau A. G.

К числу достоинств конструкции трубчатых сушилок относятся следующие:

1) Хорошая теплопередача, благодаря разделению высушиваемого материала на ряд отдельных струек и, связанная с этим, более высокая испарительность сушилки, а также уменьшенный унос пыли вместе с сушильными газами.

2) Простота конструкции и возможность постройки сушилок с большими поверхностями нагрева. В настоящее время строятся сушилки на 1250 м².

¹⁾ Braunkohle, 1923. S. 329.

²⁾ Braunkohle, 1925. Böchr. „Spiralwendeleisten in Röhrentrockner von Braunkohlen-Brikettfabriken“.

Возможность применить топочные газы для одновременной сушки паром и газом.

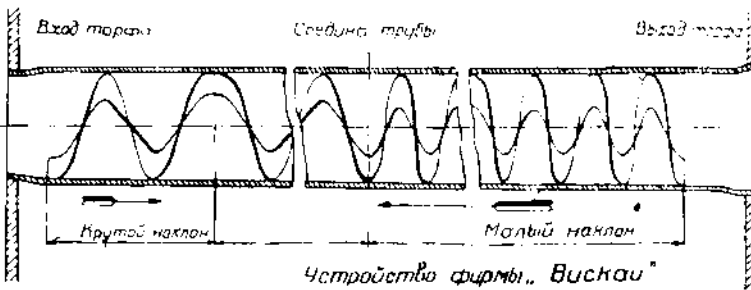
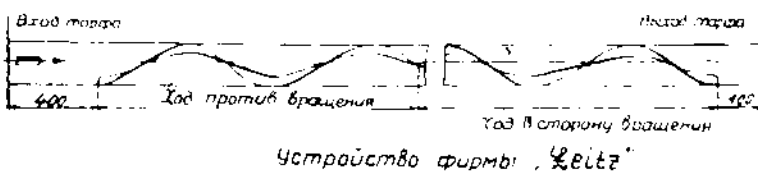
4) Сравнительная дешевизна: По данным фирмы Вискау, цена 1 м² трубчатой сушилки составляет Руб. 25-, а тарельчатой Руб. 40. Все франко Завод Меллебург.

Из недостатков ее при работе на торфе должны быть отмечены:

1) Возможность застревания сильно волокнистого торфа в трубах, особенно при наличии прежних направляющих (Wendeleisten) в них.

2) Значительный вес вращающегося барабана (ок. 65 тонн без торфа).

3) Наличие сальников в местах входа пара и цоный вал.



Фиг. 21.

4) Не совсем удачная конструкция заднего опорного подшипника, причиняющая неприятности в эксплуатации.

5) Устремление наиболее крупных кусков торфа к выходу в начальный период работы.

5) Большая требуемая площадь пола.

Из достоинств тарельчатой сушилки.

1) Возможность сушить сильно волокнистые торфа без перерывов в работе.

2) Возможность получать торф разных степеней влажности путем включения и выключения отдельных тарелок.

3) Возможность регулировать влажность выходящего торфа как изменением числа оборотов мешалок, так и за счет выключения отдельных тарелок.

4) Малая занимаемая площадь пола.

Недостатки тарельчатой сушилки:

1) Неполное использование поверхности нагрева.

2) Худшая теплопередача и меньшая испарительная способность.

3) Невозможность равномерно использовать топочные газы для целей комбинированной сушки.

4) Наличие самотяги в сторону входа торфа.

5) Большая стоимость 1 м² поверхности нагрева.

6) Затруднения при ремонте разбрасывающих торф граблей.

Распределение топлива по многочисленным трубам трубчатых сушилок (при поверхности нагрева в 1250 м² приходится 492 трубы (ф. 100 108 мм.), обычно производится при помощи устройства Hickethier чрезвычайно простого и довольно успешно справляющегося с своей задачей (см. фиг. 17).

Иногда (напр., на фабрике бурогольных брикетов «Wachtberg») во избежание просыпания угля применяется дополнительное вдувание воздуха в трубы сушилок в том месте, где топливо поступает в сушилку. По словам инженера фабрики, применение такого устройства повысило производительность сушилки почти на 10%.

Загрузка топлива в тарельчатые сушилки производится при помощи вращающихся лопастей (фиг. 32) и особых затруднений не вызывает.

В отношении расхода пара, обе системы сушилок почти не разнятся друг от друга. Фирма Буккау гарантирует расход пара в 1,4 кгр. пара (3 атм. абс.) на 1 кгр. испаренной воды.

Комбинированная сушка.

Одновременное применение для сушки торфа пара и газов было осуществлено впервые Гидроторфом еще в 1923 году в трубчатой сушилке. Впоследствии, комбинированная сушка была применена и на заводе Мадрук на болоте Sammoog, близ Seeshaupt в Баварии. Комбинированная сушка имеет своей целью, с одной стороны, повысить производительность сушилки и уменьшить расход пара в ней, а с другой стороны, производить сушку торфа в атмосфере дымовых газов, которые в случае получения их от котлов на торфяной пыли, будут богаты углекислотой; последнее предохранит от воспламенения торфа. В случае применения топочных газов с коэффициентом избытка воздуха в 1,1% и полным сгоранием, расход пара на 1 кгр. испаренной воды будет соответствовать данным таблицы VI.

Таблица VI.

Температура газов °C.	Расход пара в кгр. (р = 3 атм. абс.) на 1 кгр. испаренной воды.
400	1,18
300	1,22
200	1,28
без газов	1,4

Таблица подсчитана в предположении, что расход тепла в газах для испарения 1 кгр. воды составляет 1000 калорий.

Комбинированная сушка одновременно при помощи пара и газов для торфа наиболее применима.

III. Способ отопления сушилок.

Вопрос о том, чем сушить влажное топливо — бурый уголь и торф, — если имеется в виду массовое производство брикетов или пыли, уже решен западно-европейской практикой в пользу пара. Все крупные фабрики буроугольных брикетов применяют паровые сушилки. Строящаяся сейчас громадная электрическая станция, мощностью на 700.000 кв. в Руммельсбурге под Берлином, где предусмотрена в 1-ую очередь сушильная установка на 72 тонны каменного угля в час, остановила свой выбор на паровых сушилках.

Тем не менее освещение вопроса о стоимости сушки торфа газами может представить некоторый интерес ввиду распространенности газовых сушилок.

Выше было указано, что наибольшая начальная температура сушильных газов, которая может быть без особой опасности применена для торфа с влажностью в 55% — 60% в газовых сушилках с прямым током, составляет 600—700°C и для торфа с влажностью в 45% — не выше 400°C.

В случае, если применяются отработанные газы из котельной, обычно приходится иметь дело с температурой газов ниже 400°C.

Применение сравнительно холодных газов для сушки торфа вследствие понижения экономичности сушилок и уменьшения их производительности, вообще говоря, нежелательно. Тем не менее могут представиться случаи, когда по техническим условиям использовать холодные газы для сушки покажется целесообразным.

Подобный случай имеет место, например, когда возникает вопрос о повышении коэффициента полезного действия котельной путем простого добавления газовых сушилок к имеющимся котельным агрегатам.

При этом интересно разрешить вопрос о том, хватит ли газов, выходящих из экономайзеров, для того, чтоб досушить весь торф, предназначенный для сжигания под котлами.

Для получения грубо ориентировочных данных, ниже приводится примерный подсчет применительно к определенному конкретному случаю.

Имеется ввиду котельная с годовой производительностью в 600.000 тонн при максимальном часовом расходе пара в 200 тонн. (Такой случай может иметь место на электрической станции с максимальной нагрузкой в 40.000 кв.).

Котельная отапливается торфом, предварительно досушенным до влажности в 15%. Досушка торфа производится газами, отходящими из котельной.

Выбранная температура отходящих газов определяет собой:

а) часовой расход сжигаемого торфа ($W=15\%$) для получения максимальной паропроизводительности.

б) максимальную производительность сушилок, при чем принято, что из сушилок газы выйдут с температурой в 100°C и что на испарение 1 кг. воды расходуется 1.000 калорий.

От сушильного отделения требуется, чтобы котельная была обеспечена торфом независимо от той влажности, с которой торф поступает для сушки.

Для этой цели, в зависимости от выбранной температуры отходящих газов, необходимо испарить воду из торфа в следующих количествах (см. таблицу VII) в тоннах:

Таблица VII.

Температура газов, входящих в сушилку в °Ц.	При начальной влажности торфа в %/в.				
	60	50	45	40	30
200°	46,5	29,1	22,6	17,45	8,71
300°	50,1	31,5	24,6	18,9	9,45
400°	53,7	33,6	26,1	21,5	10,2

Таблица VIIa.

Температура отходящих из котельной газов °Ц.	Часовой расход сжигаемого торфа (w .15%/о) тонн/час.	Предельная по температуре газов производительность сушилок в тоннах испаряемой воды в час.
200°	41,6	9,8
300	45	23,1
400	48	34,3

Сравнивая приведенные в таблице VII цифры с предельной производительностью сушилок (таб. VIIa), вычисленной исходя из расходуемого теплосодержания отходящих газов, можно прийти к заключению, что при помощи газов из котельной **нельзя** досушить торф, если его начальная влажность превосходит следующие цифры:

При температуре отходящих газов °Ц.	Предельная начальная влажность торфа в %.
300°	44
400°	50

Если температура отходящих газов составит 200°Ц, то досушить весь торф, предназначенный для сжигания, можно только в том случае, когда начальная влажность его будет меньше 30%.

Этот случай является нереальным: начальная влажность торфа всегда будет выше этой цифры (вероятно в пределах от 30 до 50%).

Современные котельные выпускают газы с температурой ниже 200°Ц. Отсюда полная невозможность производить для них досушку всего торфа, подлежащего сжиганию, путем лишь использования тепла газов, отходящих из экономайзеров.

Досушивать при помощи отходящих из котельной газов торф, предварительно обезвоженный по способу Гидроторфа, совершенно

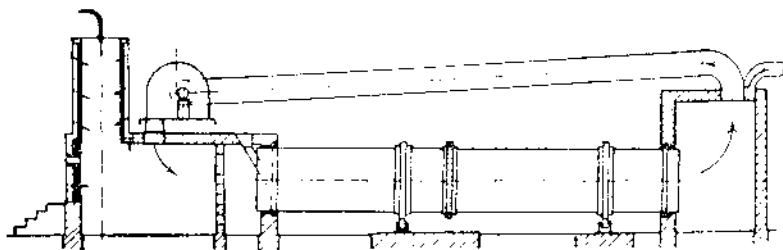
невозможно, так как влажность торфа, отжатого в прессах высокого давления, всегда превосходит 50%. Для применения сушилок на отходящих газах остается, таким образом, область досушки лишь воздушно-сухого торфа и то лишь при том условии, что температура газов при входе в сушилки будет меняться в соответствии с начальной влажностью высушиваемого торфа: в пределах от 200 до 400°C.

Нет нужды доказывать, что таким способом досушивать торф в условиях стационарной эксплуатации будет очень трудно.

Кроме того, такая сушка будет переплатебельной и расходов с ней связанных не оправдает.

В целях повышения производительности сушилок выгоднее работать газами высокой температуры, получаемыми при сжигании торфяной пыли в специальных топках, установленных при каждой сушилке. Понижение температуры топочных газов осуществляется при этом часто путем подмешивания к ним воздуха.

Правильнее применять в качестве «разжижающего» газа средства не воздух, а часть отработанных в сушилке газов, осуществляя тепло-снабжение сушилки, как показано на фиг. 22.



Фиг. 22.

При таком способе отопления сушилки торфа будет происходить в атмосфере богатой углекислотой, что даст возможность работать при высокой температуре без пожарной опасности.

Изображенная на фиг. топка «Delhay Druckfeuerung», позволяющая сжигать пылевидное топливо с очень высоким содержанием углекислоты в газах, в настоящее время является наиболее подходящей топкой для сушилки влажного торфа.

Однако и в этом случае сушка торфа газами, сама по себе невыгодна. С ней приходится иногда мириться лишь как с необходимой стадией облагораживания торфа.

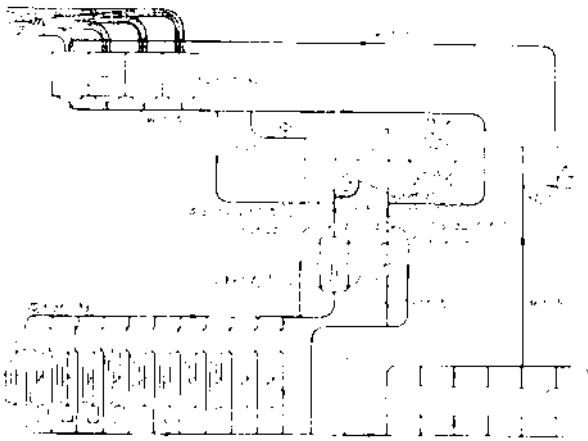
На германских торфяных заводах, где паровая сушка бурого угля уже с 1877 года производится на отработанном паре от паровых машин при брикетных прессах, в настоящее время обращено серьезное внимание на использование преимуществ пара высокого давления в паровых турбинах с противодавлением для получения дешевой электрической энергии. Наличие значительного числа уже работающих установок с паровыми машинами при брикетных прессах, не рассчитан-

Сушка паром.

ными на применение перегретого пара, обычно вызывает при этом необходимость установки увлажнителей пара до состояния насыщения.

Схема подобного пароснабжения на фабрике *Beisselsgrube* изображена ниже (фиг. 23).

В этом случае, в котлах производится пар для давления в 28 атмосфер при перегреве в 400°C. Пар затем расширяется в турбине с противодавлением и промежуточным отъемом, мощностью в 3.500 л. с. Между турбиной и прессами, с одной стороны, и турбиной и сушилками, с другой, установлены имеющиеся на фабрике свободные паровые котлы с большим зеркалом испарения, которые служат для утили-



Фиг. 23. Схема пароснабжения фабрики „Beisselsgrube“.

- a четыре паровых котла по 100 м² для давления пара 28 атм. рабочих.
- b турбина с противодавлением и промежуточным отъемом пара.
- c регулятор давления пара.
- d регулятор температур. пар.
- e паронасытитель (Dampfblöfmer).
- f обходной паропровод для перегретого пара.
- g паровые брикетные прессы.
- h сушилки.
- i питательные насосы.
- k добавочная вода.
- l конденсат.
- m отходящие газы котельной 350°-400°C для сушки сырого угля.

тожения перегрева и которые с этой целью снабжены специальными паровыми сбоями. Имеющиеся регуляторы температуры приводятся в действие автоматически от паровых пирометров. Отработанные газы от паровых котлов также применяется для сушки. Схема регулирования турбины обеспечивает правильность ее работы при различных потребностях пара на стороне 10,5 атмосферы и на стороне 3,5 атмосфер.

Электрический генератор включен в сеть Прирейнских районных станций, а потому всегда может отдавать энергию в сеть в количестве, соответствующем расходу пара на сушку. Вместо существующего на электрических станциях «*Goldenberg*» и «*Fortuna*» расхода бурого угля в 4,2 кгр. квч. и на станции «*Zukunft*» в 5 кгр. квч., в установке подобной *Beisselsgrube* он составит 1,4--2 кгр. бурого угля на 1 квч. °).

Неудобство обслуживания многочисленных брикетных прессов с паровым приводом и необходимость питать паровые котлы плохо очищенной от масла водой поставило на очередь вопрос о замене парового привода электрическим, несмотря на те преимущества, которые имеет при брикетировании паровая машина.

При такой замене термический коэффициент полезного действия привода, если:

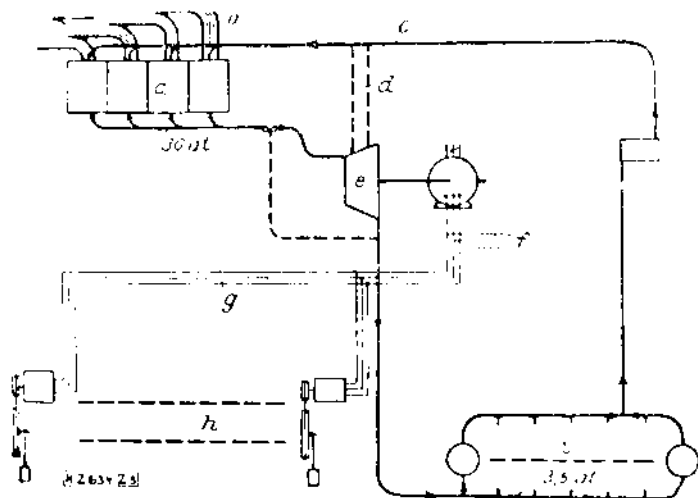
- а) термодинамический коэффициент полезного действия турбины — 0,83
- б) электрического генератора — 0,94
- в) электромотора — 0,9
- г) ременной передачи — 0,96

будет около 0,65.

При паровом приводе, если вся машина содержится в полном порядке, он составляет ок. 0,72¹⁾.

Это увеличение потерь при электрическом приводе, однако, не служит стимулом к удержанию парового привода, который в новых брикетных установках совершенно избегают применять.

Схема пароснабжения в этом случае упрощается (фиг. 24) и вполне соответствует той, которая установлена нами для завода искусственного обезвоживания гидроторфа.



Фиг. 24. Примерная схема снабжения теплом и электрической энергией современного торфбрикетного завода.

- а — паровые котлы.
- б — отходящие газы.
- с — трубопровод конденсата.
- д — турбина с противодавлением.
- е — кабели в сеть районной станции.
- г — проводка к электромоторам при брикетных прессах.
- г — брикетные пресса.
- h — сушилки.

Эта схема намечает использование пара, полученного из котлов высокого давления, сначала в турбинах с противодавлением, а затем в паровых сушилках. Электрический генератор, соединенный с турбиной, всегда приключен к сети районных станций, а потому переменная мощность его при возможных колебаниях в расходе пара на постоянство электроснабжения установки не влияет: избыток энергии всегда может быть отдан в сеть районных станций (электрическая энергия

1) V. D. I. Там же.

получается очень дешево), а недостаток легко покрывается из той же сети.

Дешевизна электрической энергии, вырабатываемой на подобных установках объясняется, главным образом, следующими обстоятельствами:

1) Малым расходом тепла на 1 квч: вместо обычного для районных центральных расхода тепла в 5.000—6.000 ^{калорий} квч, он составит всего 1.300—1.500 ^{кал.} квч.

2) Незначительной стоимостью капитальных затрат, которые должны быть произведены для получения возможности производить эл. энергию. Сюда относятся лишь: стоимость машинного зала и удорожание котельной вследствие применения пара высокого давления вместо давления в 2—3 атмосферы.

Ниже приводятся ориентировочные подсчеты стоимости сушки торфа паром и стоимости электрической энергии в зависимости от начальной влажности торфа на торфобрикетном заводе.

Таблица VIII относится к варианту завода с собственной электрической станцией (турбина с противодавлением).

Таблица IX имеет в виду получение электрической энергии извне.

Предположено, что на завод поступает ежегодно 143.000 тонн торфа в пересчете на влажность в 18%. При этом в случае искусственного обезвоживания (влажность от 60% и выше) потребляется около 14 миллионов квч. в год для нужд производства (включая добычу), а в случае применения торфа воздушной подсушки—9,4 миллиона квч.

Влажность брикетов принята в 18%.

Примерный ориентировочный подсчет стоимости электрической энергии и сушки для торфобрикетного завода при производстве энергии на своей станции.

Годовое число часов работы завода 8760.

№	%	При начальной влажности торфа перед сушкой в %.					
		Искусственное обезвоживание.				Воздушная подсушка.	
		80	70	63	60	50	40
1		Вес торфа, подлежащего сушке, в пересчете на вл. 18% в тоннах					
		143000	143000	143000	143000	143000	143000
2		Поступает в сушилки сырого торфа тонн год					
		585000	501000	317000	291000	235000	195000
3		Вес воды, подлежащей испарению, тонн год					
		442000	247000	174000	151000	92000	52000
4		Требуемая поверхность нагрева сушилок метр ²					
		12650	7050	4950	4320	2630	1480
5		То же, включая резерв метр ²					
		15200	8450	5950	5180	3100	2100
6		Годовой расход пара в предположении комбинированной сушки тонн ¹⁾					
		520000	290000	201000	178000	108000	61200
7		Часовой расход пара тонн					
		60	33,3	23,6	20,5	12,5	7,5
8		Соответствующая этому расходу мощность турбогенератора с противодавлением кв.э)					
		5150	3030	2140	1870	1140	640
9		Расход электрической энергии на добычу и искусственное обезвоживание в миллионах кв.э)					
		11	11	11	11	9,4	9,4
10		Может быть выработано энергии в год кв.э.					
		ок. 17	26,1	18,5	16,2	10	5,5
11		Может быть отдано в сеть районных станций милл. кв.э.					
		33	12,1	4,5	3,2	0,6	3,9
12		Сжигается торфа (вл. 18 %) для получения пара и собственной электрической энергии тонн год					
		110000	61400	43400	37600	23000	13000
13		Брикетируется торфа (вл. 18%) тонн год					
		33000	81600	99600	105400	120000	130000

¹⁾ Расход пара на 1 кг. испаренной в сушилках воды, учитывая одновременную сушку торфа паром и газами, принят равным 1,18 кг.

²⁾ Расход пара на 1 кв.э. принят для турбин с противодавлением [мощностью свыше 1000 кв. в 11 кг кв.э. и для турбины мощностью в 610 кв.э. 11,75 кг кв.э.]

³⁾ Расход электрической энергии на производство принят, исходя из соображений изложенных в книге „Искусственное обезвоживание торфа“ и притом грубо ориентировочно.

Табл. VIII (продолж.)

№ п. п.		При начальной влажности торфа перед сушкой в %					
		Искусственное обезвоживание				Воздушная подсушка	
		80	70	63	60	50	40
14	Продукция завода в %/‰ то веса поступающего в сушилки торфа, пере- считанного на одина- ковую влажность . . .	2,3	5,7	69,5	73,5	8,4	9,1
15	Сумма капитальных затрат на оборудование:						
	а) Сушилки . . . Руб.	608000	336000	238000	217000	160000	120000
	б) Обесмыливатели га- зов руб.	225000	120000	90000	75000	45000	45000
	в) Прочее оборудова- ние сушилок, вклю- чая здание и монтаж Руб.	600000	336000	238000	217000	300000	250000
	г) Стоимость котельной при условии выра- ботки пара низкого давления с монтажем Руб.	600000	330000	236000	205000	175000	150000
	д) Добавочная стоимость при переходе на вы- сокое давление руб.	400000	205000	151000	133000	100000	100000
	е) Турбогенератор с противодавлен. (пол- ное оборудов.) . Руб.	300000	170000	120000	100000	75000	50000
	Всего . .	2733000	1507000	1076000	947000	835000	715000
16	На 1 тонну годовой про- дукции руб.	83	18,50	10,80	9,0	7,10	5,50
	Расходы по производ- ству электрической энергии:						
	а) Стоимость дополни- тельно сожженного торфа вл. 18% руб. ¹⁾	110000	63000	17000	38000	24000	14000
	б) Заработная плата до- бавочному персоналу Руб.	9600	9600	9600	9600	9600	9600
	в) Ремонт оборудования 3% с пунктов д) и е) § 15 Руб.	21000	13000	12000	7000	6000	5000
	г) Добавочная аморти- зация 5% с пунктов д) и е) § 15 . . . Руб.	35000	17000	14000	10000	8000	7000
	д) Разное: 10% от пре- дыдущих цифр Руб.	7000	4000	3500	2700	2500	2300
	Всего . .	182600	106600	86100	67300	50100	38900

¹⁾ Имеется в виду только то количество торфа, которое сжигается специально для производства электрической энергии и определяемое, как разность между п. 12 табл. VIII и п. 7 табл. IX при цене Рб. 8—/тонна.

Табл. VIII (продолж.).

№ п. п.		При начальной влажности торфа перед сушкой в %.					
		Искусственное обезвоживание.				Воздушная подсушка.	
		80	70	63	60	50	40
17	На 1 выработанный квч. Годовые расходы на сушку и производство электрической энергии:	0,1	0,41	0,48	0,54	0,6	0,7
	а) Производство энергии собственной станцией	182600	106600	86100	67300	50100	38900
	б) Покупная электрическая энергия, считая 3 коп. за 1 квч.	12000	—	—	—	—	—
	в) Амортизация 5% суммы затрат без стоимости п. д. и е. * \$ 15.	100000	55000	40000	36000	34000	28000
	г) Персонал	10000	10000	10000	10000	10000	10000
	д) Ремонт 2,5% суммы затрат без стоимости п. д. и е. \$ 15	50000	27000	20000	18000	17000	14000
	е) Стоимость торфаски-глемого специально для сушки торфа из расчета руб. 8/тонна.	770000	430000	300000	260000	160000	90000
	Всего ок.	1100000	640000	460000	390000	270000	210000
18	Годовой доход от продажи электрической энергии из расчета 0,5 коп/квч.	160000	60000	20000	11000	3000	—
19	Сумма годовых расходов за вычетом стоимости проданной электрической энергии	940000	580000	440000	379000	267000	210000
20	Стоимость сушки и электрической энергии при искусственном обезвоживании и брикетировании на 1 тонну продукции завода.	28,50	7,10	4,50	3,70	2,22	1,62
21	Стоимость только сушки, учитывая, что для этой цели расходуется ок. 2.000.000 квч. ок.	820000	530000	440000	380000	260000	200000
22	Стоимость сушки на 1 тонну продукции ок.	25,---	6,50	4,40	3,60	2,20	1,52

Подсчет себестоимости электрической энергии и сушки для торфобрикетного завода при получении электрической энергии извне.

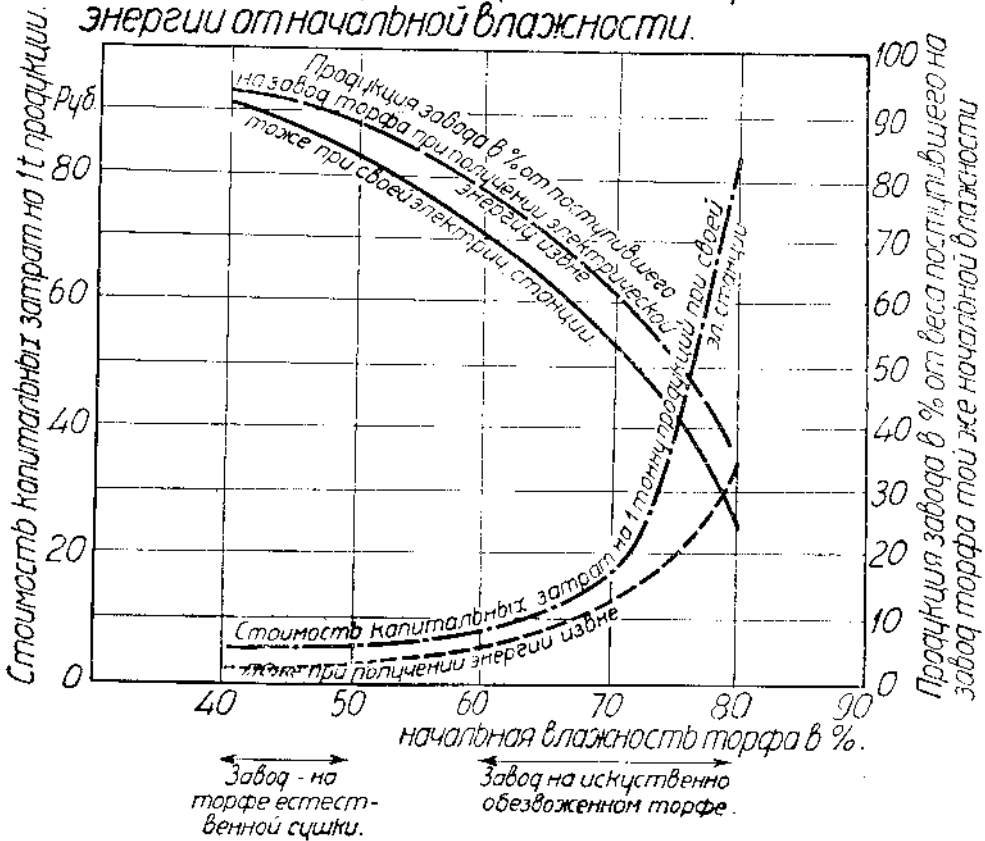
Годовое число часов работы завода — 8760.

№ п. п.	При влажности торфа перед сушкой в %					
	Искусственное обезвоживание.				Воздушная подсушка.	
	80	70	63	60	50	40
1	Вес торфа, подлежащего сушке, в пересчете на влажн. 18% тонн					
2	143000	143000	143000	143000	143000	143000
3	Вес торфа, поступающего в сушилки тонн год.					
4	585000	391000	317000	294000	235000	195000
5	Вес воды, подлежащей испарению—тонн год.					
6	442000	247000	173400	151000	92000	52000
7	Годовой расход пара тонн год.					
8	520000	290000	204000	178000	108000	61200
9	Часовой расход пара тонн.					
10	60	33,3	23,6	20,5	12,5	7,5
11	Годовой расход электрической энергии на добычу и искусственное обезвоживание миллионов квч.					
12	11	11	14	11	9,1	9,1
13	Сжигается торфа для сушки тонн год.					
14	96000	53500	47000	32800	20000	11300
15	Брикетруется торфа тонн год.					
16	47000	80500	105400	110200	123000	131700
17	Продукция завода в % от веса поступившего в сушилки торфа в %.					
18	33	62,7	73,6	77	86	92
19	Увеличение продукции завода по сравнению с предыдущим вариантом тонн год.					
20	14000	7900	5800	4800	3000	1700
21	Сумма капитальных затрат Руб.					
22	2100000	1120000	800000	714000	675000	565000
23	Или на 1 тонну продукции Руб.					
24	45,	12,50	7,60	6,50	5,50	4,30
25	Покупная стоимость электрической энергии за 1 кв. ч. Руб.					
26	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
27	Годовые расходы на сушку и электрическую энергию для завода					
28	а) Стоимость энергии Руб.					
29	120000	420000	420000	420000	300000	300000
30	б) Амортизация Руб.					
31	100000	55000	40000	36000	34000	28000
32	в) Персонал Руб.					
33	10000	10000	10000	10000	10000	10000
34	г) Ремонт Руб.					
35	50000	27000	20000	18000	17000	14000
36	д) Стоимость сжигаемого торфа Руб.					
37	770000	430000	300000	260000	160000	90000
38	Всего					
39	1350000	942000	790000	744000	521000	452000
40	Стоимость сушки и электрической энергии на 1 тонну продукции Руб.					
41	28,70	10,50	7,50	6,76	4,21	3,44
42	Стоимость только сушки, учитывая, что для этой цели расходуется ок. 2000000 квч.					
43	990000	582000	430000	384000	300000	230000
44	Стоимость сушки на 1 тонну продукции Руб.					
45	21,—	6,50	4,10	3,50	2,41	1,76

Результаты ориентировочных подсчетов стоимости сушки представлены на диаграммах (фиг. 25 и 26).

Диаграммы эти показывают, что стоимость сушки в значительной мере зависит от выбора той начальной влажности, с которой торф поступает в сушилку. В пределах кривого участка кривой всякое понижение начальной влажности влечет за собой резкое удеше-

Зависимость стоимости капитальных затрат и стоимости паровой сушки и электрической энергии от начальной влажности.



Фиг. 25.

вление тепловой досушки. Например, при переходе от влажности в 63% к 60% продукции завода увеличивается на 5%, стоимость капитальных затрат уменьшится на 10%, а стоимость сушки и электрической энергии удешевится почти на 20%.

Поступлению торфа в сушилки, поэтому, должно предшествовать максимально-возможное удаление влаги из торфа более дешевым способом, чем тепловая досушка (отжим в прессах высокого давления).

Те же диаграммы подтверждают что выбор источника тепла и электрической энергии для брикетного или шлезаготовительного завода имеет большое значение. Применение пара с давлением в 30

атмосфер и получение электрической энергии от турбогенератора с противодавлением значительно удешевляет производство, так как дает возможность не только почти бесплатно получить энергию для производства, но и отдать в районную сеть избыток ее с некоторой прибылью. Например, при влажности торфа в 60%, достигается сокращение расходов на сушку и электрическую энергию почти на 45% против варианта, в котором предусматривалось получение в котлах пара с давлением в 3 атмосферы и покупка электрической энергии от районных станций.

Вопрос об использовании теплоты отработанных сушильных газов.

Ожидать дальнейшего значительного удешевления стоимости тепловой сушки торфа возможно, главным образом, в случае разрешения проблемы использования скрытой теплоты парообразования, уносимой сушильными газами. Работа в этом направлении ведется давно.

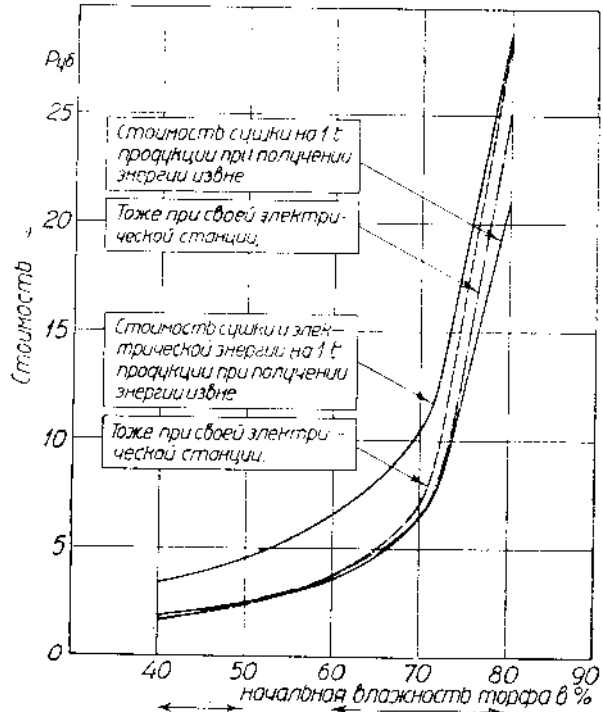
Первая крупная установка по использованию тепла отработанных сушильных газов была выполнена в Böhlen по проекту проф. Gensecke. Она состояла из охладителя, испарителя, турбины низкого давления и конденсатора на расширение пара от 0,3 атм. абс. до 0,02 атм. абс. (фиг. 27).

Сушильное устройство выпускало ок. 80 тонн высушенного бу-рого угля в час.

Чтобы устранить потери в охлаждающей воде в конденсаторах, Grshewald¹⁾ предлагает следующую схему установки для использования тепла отходящих от сушилки газов (фиг. 27).

Отработанный сушильный пар при помощи пара из котла приводится к давлению, необходимому для сушки.

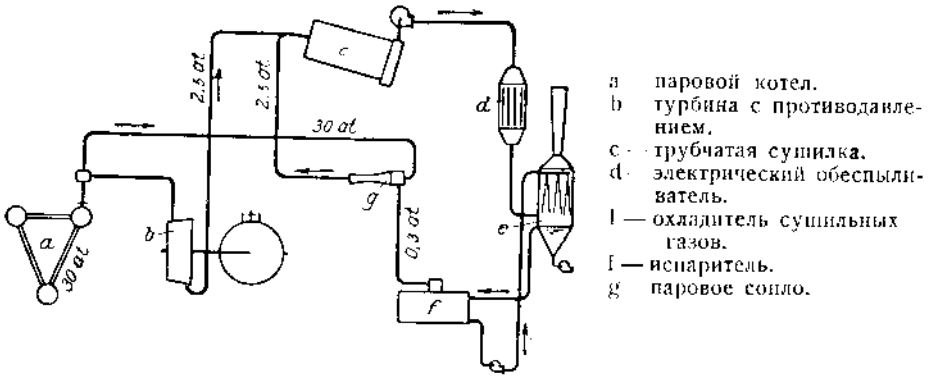
Зависимость стоимости паровой сушилки и электрической энергии от начальной влажности торфа



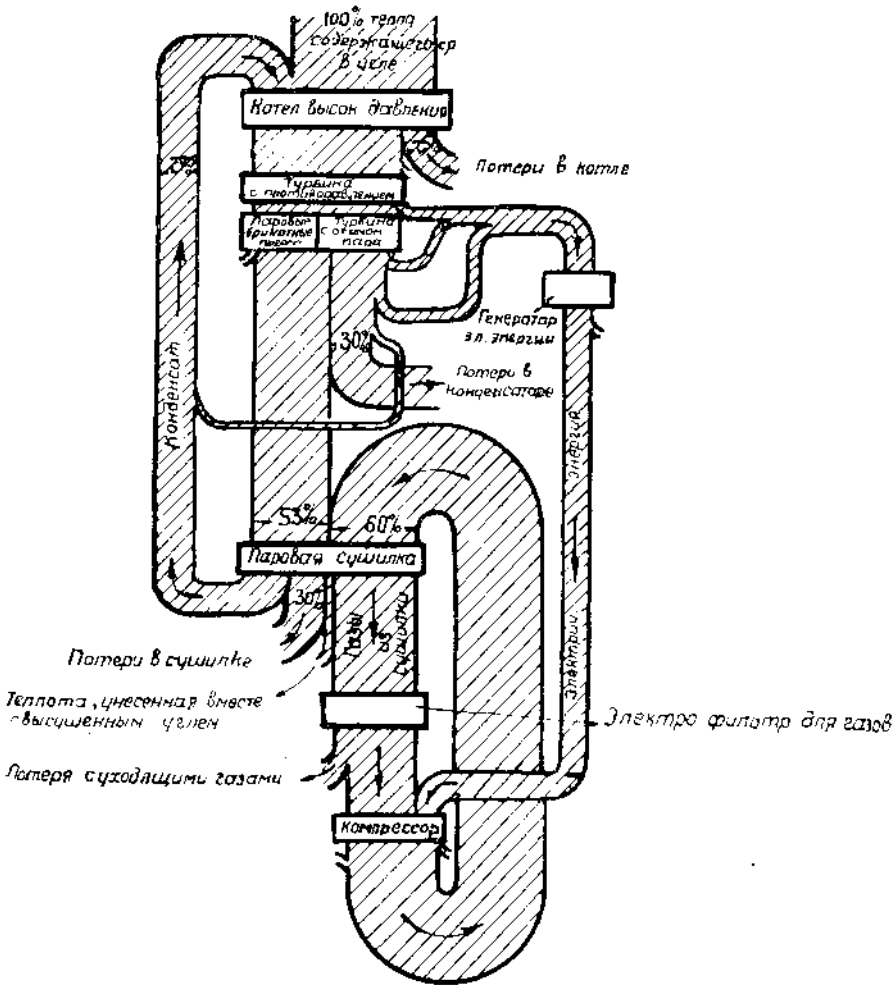
Примечание: Производительность завода определена в предположении, что обезвоживанию подвергается 143000 тонн торфа, считая на 18% влажности

Фиг. 26.

1) V. D. I. № 69. 1925.



Фиг. 27.



Фиг. 28.

Выше (фиг. 28) приводится схема А. Е. Г., которую приводит в своей статье Grimwald и которая, как указывает автор, нерентабельна, вследствие большого расхода энергии в компрессоре, при чем вся

энергия, которая будет выработана в генераторе за счет перепада с 30 до 2,5 атмосфер, пойдет на работу компрессора.

Таким образом, вопрос об использовании тепла в отходящих сушильных газах пока разрешения своего не получил. Те перспективы в сторону понижения стоимости сушки, которые он может открыть, служат также одним из преимуществ паровой сушки перед газовой.

IV. Подготовка торфа к тепловой сушке.

Общие замечания.

Для того, чтобы подготовить торф к тепловой сушке, необходимо понизить его влажность. Теплотехнически тепловая сушка начинает оправдываться только при влажности ниже 85%. Всякое дальнейшее понижение этой цифры ведет к серьезному удешевлению сушки.

Некυσественное обезвоживание по способу Гидроторфа осуществляется понижением начальной влажности до 63%, при чем торф выходит из прессов в виде больших кирпичей с неравномерной влажностью.

Торф естественной сушки в установках для брикетирования обычно доводится до 40% влажности и затем поступает на завод в виде довольно крупных кирпичей.

Недостаточная поверхность испарения при больших размерах отдельных кирпичей делает невозможной сушку торфа без предварительного размельчения его в особых аппаратах (дробилках).

Дробление торфа

Дробилки для торфа должны удовлетворять следующим специальным условиям:

- а) Они не должны забиваться торфом и торфяными волокнами.
- б) Они должны успешно справиться с раздроблением древесных остатков, содержащихся в торфе.

В то время, как обычно дробилки для угля работают преимущественно путем раздавливания, разламывания или раскалывания кусков на мелкие части, торфяные дробилки должны разрезать волокна, расщеплять древесные части и разрывать торфяную массу. Разбивающее действие при влажном торфе требуется в значительно меньшей степени, чем при дроблении более сухого торфа, и наиболее дешевый способ дробления и размола — удар — применим к влажному торфу в наименьшей степени.

Главные типы дробилок для торфа

Из наиболее употребительных дробилок для торфа необходимо отметить следующие:

1. Волчки, — представляют собой ряд стальных дисков, насаженных на валы, вращающиеся навстречу друг другу с разными скоростями, благодаря чему происходит разрезание и разрывание кусков торфа (фиг. 29).

Эти дробилки успешно справляются с размельчением сырой торфяной массы (влажностью в 50 - 60%), но подвержены порче при попадании в них крепких кусков дерева, несмотря на возможность смещения одной из осей волчка в горизонтальном направлении.

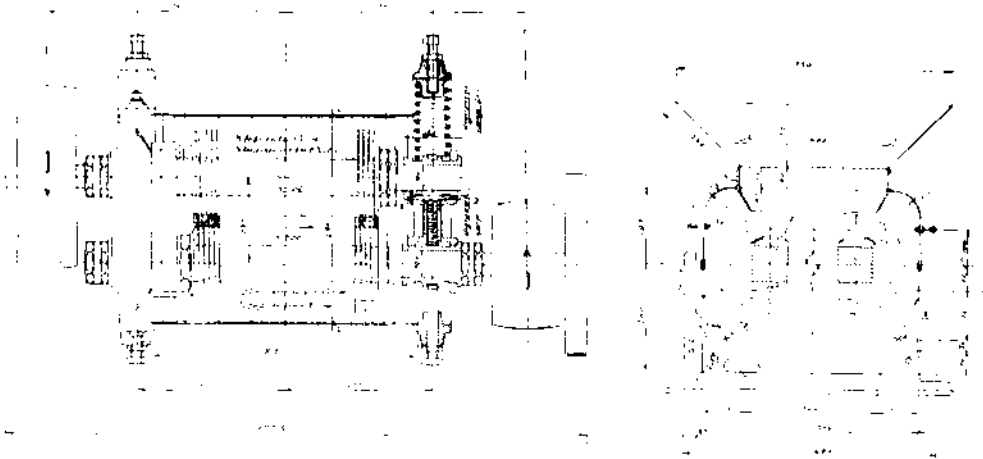
Попадание крупных кирпичей (кухенов) из пресса высокого давления в волчки, конструкция которых указана на фиг. 29, может

тельно. Первое дробление таких кирпичей лучше производить в волчках с большим расстоянием между дисками, и размельчать кучены до кусков с размером в 40—50 мм. в поперечнике, а только потом уже направлять в волчки указанного на фиг. 29 типа.

Дробленный материал из последних получается довольно мелким — в отдельных кусках не крупнее 18—20 мм.; расход энергии на дробление при влажности торфа в 55% в волчках, с производительностью ок. 4—5 тонн: 1—1½ кв.тонна.

Число оборотов волчков около 200 в минуту.

Дробилка для сырого торфа заб Мадрича



Фиг. 29. Волчек для дробления сырого торфа, установленный на заводе искусственного обезвоживания гидроторфа при ГЭС им. Классона.

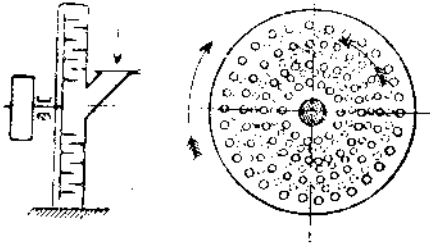
Волчек, установленный на заводе Гидроторфа, при средней влажности раздробляемого торфа в 55—60% и производительности около 3 тонн сырого дробленного торфа в час, потребляет около 3 кв. тонна.

2. Ударные «центробежные» мельницы («Schleudermühle»), в которых дробление производится стальными прямоугольными (лучше с заостренными краями) пальцами, укрепленными на вращающемся и неподвижном дисках. Эти дробилки применимы исключительно для размельчения уже дробленного до размера в 30 мм. торфа и чувствительны к попаданию крупных кусков (см. фиг. 30).

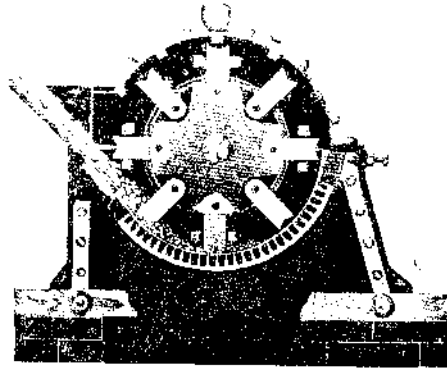
Они работают при 400 оборотах в минуту и выпускают зерна довольно крупных размеров: около 25—30 мм., расходуя при этом примерно 3 кв.тонну влажного торфа. До настоящего времени Schleudermühle применялись почти исключительно для вторичного дробления бурого угля на брикетных фабриках; они установлены на недавно оборудованной фабрике торфяных брикетов в Friedland, где, впрочем, мало удовлетворяют своему назначению.

3. Ударные мельницы молоткового типа (Hammermühle — фиг. 31) являются наиболее удачными и экономичными

дробилками вообще. Применение таких мельниц для дробления обычных кирпичей воздушно-сухого торфа на заводе искусственного обезвоживания Гидроторфа дало самые блестящие результаты. Кирпичи совершенно свободно раздробляются до размеров 10—12 мм., при чем имеющаяся мельница дает производительность свыше 8 тонн в час, расходуя не более 2½ квт.тону при влажности торфа в 25.

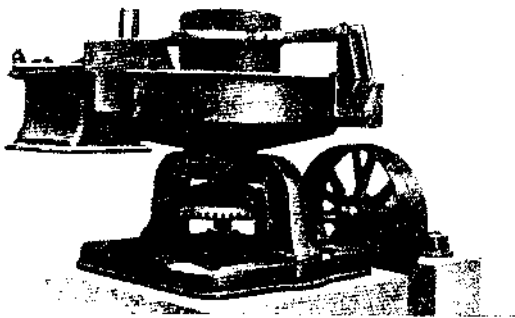


Фиг. 30. Центробежная дробилка.

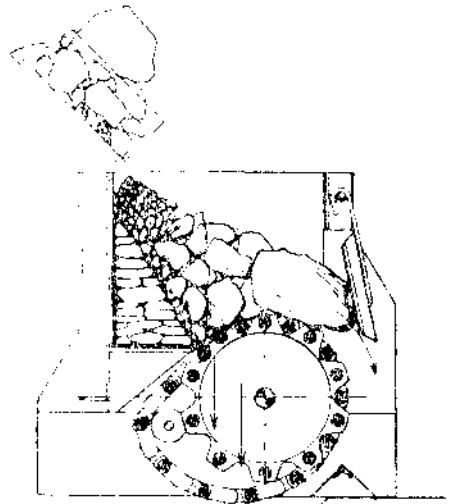


Фиг. 31. Дробилка молоткового типа.

28%. Нет сомнения, что производительность мельницы может быть еще выше указанной цифры, а расход энергии ниже, так что для дробления кускового воздушно-сухого торфа с влажностью до 40%, она стоит вне конкуренции. При повышении влажности выше этого предела, происходит забивание нижней решетки влажным торфом и работа дробилки прекращается. Наши опыты с дробилкой этого типа продолжаются.



Фиг. 32. Тарельчатая подача.



Фиг. 33. Шнековая подача.

Отсев крупных кусков торфа перед сушилкой.

В целях получения наиболее однородного по своим размерам материала для сушилок при дроблении в молчках и в мельницах центробежного типа, обычно устанавливается отсев крупных кусков торфа. Вся установка в этом случае принимает довольно сложный характер и размещается в нескольких этажах.

Сита при отсеве влажного свыше 50% торфа работают довольно неудовлетворительно, так как часто забиваются мокрым торфом.

Для того, чтобы обеспечить сушилку более или менее мелким материалом и упростить установку, правильнее произвести дробление последовательно в нескольких дробилках (например, в 2-х).

Особенно желательно производить вторичное дробление перед самым входом в сушилку уже по выходе торфа из бункера, для того, чтобы разрыхлить и размельчить слежавшиеся в бункере комки.

Обеспечить непрерывность работы сушилок достаточным запасом торфа в бункере крайне желательно, так как в этом случае понижается опасность воспламенения высушиваемого торфа при внезапном прекращении подачи.

Необходимо обеспечить непрерывную подачу торфа из бункера в сушилку или дробилку и иметь возможность ее регулировать. Наиболее употребительные приспособления для подачи сырого топлива указаны на фиг. 32 и 33.

V. Транспорт и хранение высушенного материала.

Обычно торф выходит из сушилок в виде зерен различных размеров и различной влажности при температуре около 70°C.

Условия, которым должны удовлетворять транспортирующие устройства, различны в зависимости от дальнейших операций с высушенным торфом. Если торф предназначен для брикетирования, он должен обладать по возможности постоянной влажностью (около 15-18%), размеры зерен должны быть примерно одинаковыми и температура их не должна превышать 30-40°C.

Между тем, обычно применяемые дробилки не в состоянии обеспечить одинаковость размеров высушиваемых зерен, а отсюда значительные колебания влажности в них. Характеристика дробленого материала по выходе из мельницы «Альпина» приведена на диаграмме (фиг. 34).

Опыты проф. Gupnewald установили следующие колебания влажности в отдельных зернах бурого угля по выходе из сушилки:

Таблица X.

П р о б а.	Размеры зерен в мм.	Влажность в %.	Вес каждой категории в % от общего веса.
Навеска в 233 гр., взятая по выходе из трубчатой сушилки.	10	41,8	0,8
	8	39,2	3,9
	5,4	27,7	13,4
	3,3	17,5	12,2
	0,8	12,5	30,9
	0,7	11,6	38,8

Наблюдения Гидроторфа над влажностью отдельных торфяных зерен по выходе из сушилки также обнаружили значительные колебания влажности в них, далеко отклоняющиеся от состояния гигроскопического насыщения.

Подача торфа из бункеров.

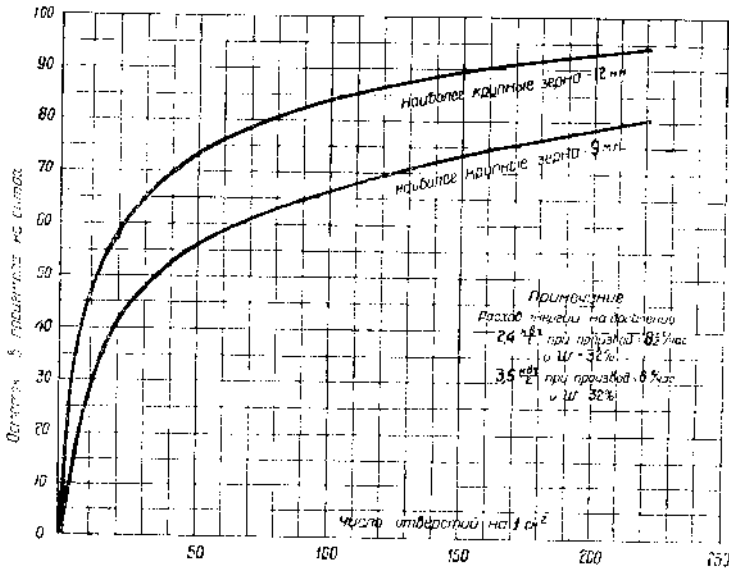
Выделение паров в транспортирующих устройствах и борьба с ними.

а) на брикетных заводах.

За отсутствием данных о гигроскопических свойствах торфа приходится судить о них на основании приближающихся к ним свойств бурого угля ¹⁾).

Дробленный бурый уголь в количестве 5 гр. при температуре в 20° и насыщении окружающего воздуха в 100% принимает влажность, соответствующую гигроскопическому насыщению (18%) в течение 14 часов. Вместе с возрастанием температуры или увеличением влажности выше гигроскопического пункта растет способность бурого угля выделять пары в окружающую среду.

На брикетных заводах, где средняя влажность брикетируемого продукта не должна превосходить 18,5%, прежде всего придется считаться с наличием в высушенном торфе зерен, влажность которых зна-



Фиг. 34. Примерная характеристика степени дробления торфа, прошедшего через мельницу „Alpina“.

чительно выше гигроскопического пункта и которые будут выделять пар в шнеках и других транспортирующих устройствах. Испарение происходит тем быстрее, чем менее насыщен воздух внутри шнеков и чем больше наружная поверхность торфа, соприкасающаяся с ним. Выделяют пары при этом не только крупные, но и мелкие зерна, обладающие влажностью около 15%, так как при повышении температуры гигроскопический пункт понижается, и при влажности даже в 15% торф является пересыщенным.

Конденсация паров на стенках шнеков или труб ведет к образованию в них грязи ((Schlamm), вызывает закупорку их и отказ в работе.

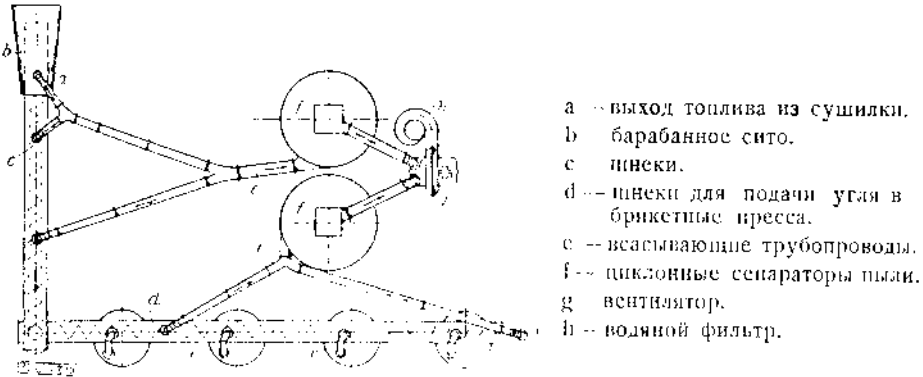
Борьба с такими явлениями ведется обычно путем устройства так называемого «внутреннего обеспыливания» (Innenstaubung) шнеков бункеров и вообще всех мест, где выделяется пыль и может быть

¹⁾ Rammler. Braunkohle 1926. Archiv für Wärmewirtschaft 1926.

конденсация паров воды. Схема такого внутреннего обеспыливания приведена на фиг. 35.

Здесь благодаря наличию сильной тяги, с разрежением около 150 мм. в с., всякое образование конденсата исключено. Пыль, унесенная вместе с водяными парами, в данном случае совершенно не используется, так как попадает в водяной фильтр и уносится вместе с водой.

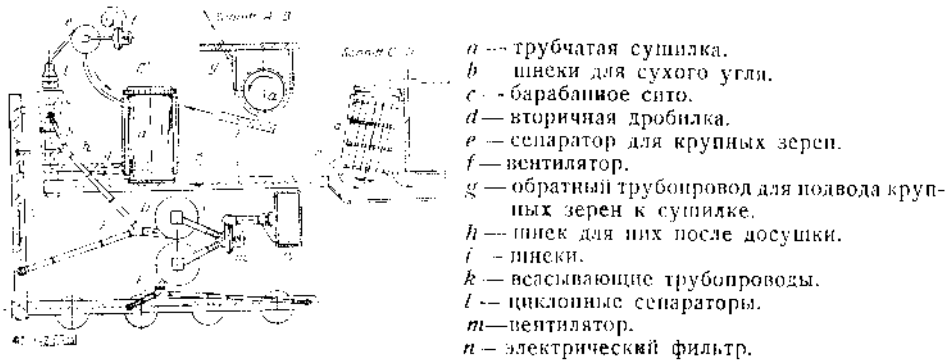
Сильное проветривание шнеков, особенно при достаточной длине их, вызывает, с одной стороны, охлаждение топлива, вышедшего из сушилки, с другой, дальнейшую подсушку его.



Фиг. 35. Схема внутреннего обеспыливания на заводе Feisselsgrube.

Таким образом, при удачно выбранной длине шнеков и хорошей системе обеспыливания, можно обойтись без всяких особых охлаждающих устройств перед брикетированием.

Последнее обстоятельство особенно ценно ввиду того, что обычно применяемый способ охлаждения торфа в специальных охладителях, напоминающих по своему устройству стационарные сушилки, крайне мало удовлетворяет своему назначению: уголь охлаждается в них плохо, на стенках выделяются пары и, вследствие этого, образуется гризль и т. п.

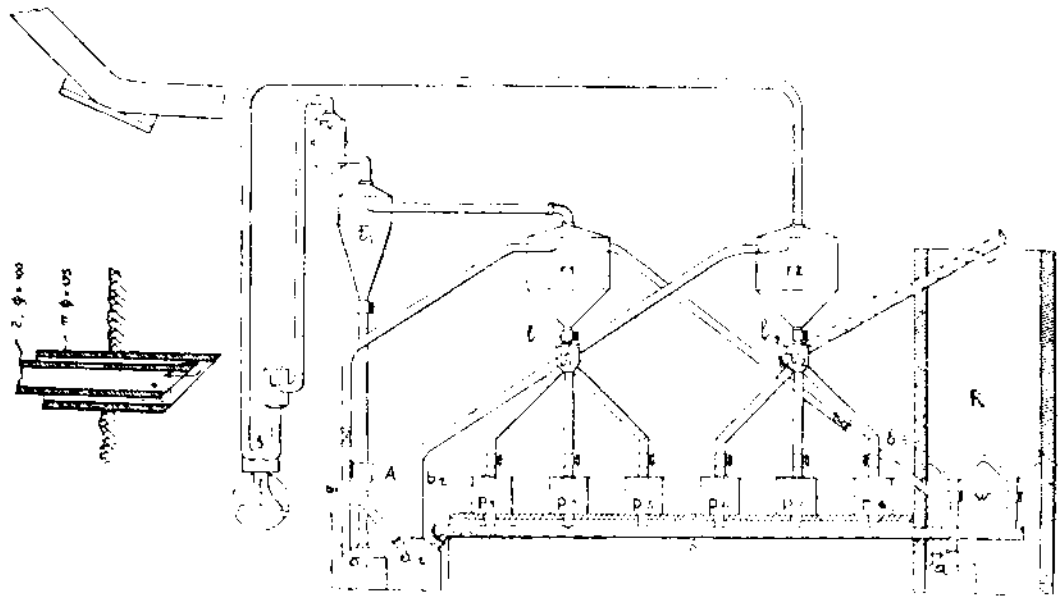


Фиг. 36.

В качестве другого средства борьбы с недосушиванием отдельных крупных зерен, проф. Grunewald выдвинул вторично досушку их, путем использования наружной поверхности паровой сушилки.

В этом случае все крупные куски торфа свыше 5 мм. дробятся и вторично досушиваются на паружной поверхности сушилки.

Трудно сказать, можно ли оправдать затраты на столь дорогое стоящее и пока еще не испытанное устройство. Во всяком случае дальнейшая работа по удешевлению охлаждения высушенного продукта производится, при чем один из новых способов применен на брикетной фабрике Brühlwerk (фиг. 37).



Фиг. 37. Устройство для охлаждения высушенного торфа, на фабрике Brühlwerk.

- | | |
|---|---|
| A — главный шнек, подающий высушенный материал. | t_1 — циклон для удаления мелких зерен. |
| a_1, a_2, a_3 — сборники для высушенного торфа. | h_1 — водяной фильтр. |
| P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 — брикетные прессы. | S — пористой воздушный насос. |
| t_1, t_2 — циклоны для отделения угля. | I — воздухоподогреватель. |
| | r_1, r_2 — шнеки. |
| | R — запасный буферный бункер. |

При этом способе охлаждение топлива по выходе из сушилки производится не в шнеках, а в воздухопроводах, где все зерна находятся во взвешенном состоянии, чем обеспечивается быстрое охлаждение их и такое же быстрое испарение воды.

Установка в Brühlwerk пущена в ход, но пока о результатах ее эксплуатации известно мало.

Наш предварительный эскизный проект завода искусственного обезвоживания торфа с последующим брикетированием полученного продукта намечает охлаждение зерен высушенного торфа в струе воздуха с последующим отделением их в циклонах и очисткой воздуха в фильтрах системы Дельбаг.

б) на заводах, изготавливающих торфовую пыль.

Все указанные выше сложные устройства необходимы ввиду требований, предъявляемых к брикетному материалу (температура ниже 40° и влажность не менее 15%).

Если торф после сушки превращается в пылевидное состояние, необходимость в этих устройствах совершенно отпадает, когда влаж-

ность высушенного торфа ниже гигроскопического пункта, соответствующего температуре выхода из сушилки. В этом случае можно опасаться не выделения паров из торфа, а, наоборот, скорее и поглощения их из воздуха, особенно если последний будет сильно насыщен водяными парами.

Опасность поглощения водяных паров, вообще говоря, невелика, так как скорость этой реакции будет незначительна, ввиду относительно малого размера той поверхности торфяных зерен, которая омывается в шнеках и бункерах воздухом. По наблюдениям автора, мелкая торфяная пыль с влажностью около 10%, сложенная в бункер, установленный на открытом воздухе, не обнаруживает изменения влажности от продолжительного (несколько суток) хранения, за исключением тонкого верхнего слоя, толщиной не более $1 \cdot 1\frac{1}{2}$ см.

В целях уменьшения опасности впитывания торфом влаги в установках, приготовляющих торфяную пыль, шнеки от сушилок в бункера следует делать как можно короче. Размол теплого торфа не требует, конечно, большей затраты энергии, но зато в этом случае устранится возможность увлажнения его, так как при повышенной температуре способность торфа принимать влагу сильно уменьшится.

Наконец, хранение совершенно сухой торфяной мелочи в бункерах и продвижение ее в них будет совершаться без всяких затруднений и застреваний, что легко может происходить с торфом, выделяющим пары воды.

VI. Обеспыливание сушильных газов.

Удаление паров воды, выделившихся при сушке торфа, во всех современных сушилках производится при помощи струи воздуха или газов, количество которых зависит от требуемой производительности.

Явление уноса пыли в сушилках.

Постоянное перемешивание раздробленного торфа в сушилке производит выделение пыли, которая и уносится проходящими газами.

Унос пыли определяется:

а) Способностью торфяной пыли находиться во взвешенном состоянии, что прежде всего определяется массой (размерами) отдельных пылинки.

б) Способностью воздуха унести пыль, зависящей от скорости воздушного потока.

Herington указывает, что для того, чтобы подвешенную в воздухе пыль сохранить во время движения в подвешенном состоянии, необходимо, чтобы скорость воздуха превышала 25 метр/сек. При этом, по его опытам, 1 м³ воздуха может унести 0,2—0,5 кгр. пыли.

В паровых трубчатых сушилках обычно приходится иметь дело со скоростями ок. 1 метра/сек. у входа и ок. 2 метров/сек. у выхода сушилки, а потому условия для уноса при правильной тяге (2—3 мм. у выхода) не очень благоприятны.

Максимальная цифра уноса в этих сушилках, по наблюдениям Гидроторфа, не превышает 6% (по крайней мере при дроблении, имею-

зем место на заводе при Государственной Электрической Станции имени Р. Э. Классона), что дает около 20—30 граммов на 1 куб. метр воздуха. Но, при этом, потеря от уноса на 1 сушилке уже может составить в год ок. 3.000 тонн торфа (вл. 15%) на 1 сушилку, т.е. весьма значительной величины стоимостью порядка 20.000 рублей.

Значительно хуже обстоит дело с уносом пыли в газовых сушилках, особенно, если они работают при низких температурах. Естественное стремление повысить производительность сушилки приводит к большим скоростям газов внутри барабана, порядка 5—6 метров сек., при котором унос становится чрезмерным.

Не говоря об экономических соображениях, приходится считаться с требованиями общественной гигиены, которые предписывают уменьшить унос, что, при отсутствии обеспыливателей или плохом обеспыливании, в отношении газовых сушилок равносильно понижению их производительности.

Hellbig указывает, что благодаря более жестким нормам Германского Санитарного Надзора сушилки одной и той же конструкции могут давать совершенно различную производительность в зависимости от того, где они установлены: в Германии или в Америке. Это можно видеть из сравнения производительностей одинаковых сушилок германской фирмы Polysius-Dessau и американской фирмы Fuller-Lehigh.

Таблица XI.

Ф и р м а.	1	2	3	4	5	6	7	8	
Fuller-Lehigh.	Диаметр мм.	900	900	1050	1350	1350	1650	1800	1950
	Длина метр.	6	9	9	9	12,6	12,6	12,6	12,6
	Производительность тонн/час.¹)	2	4	6	8	10	11	20	25
Polysius-Dessau.	Диаметр мм.	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2100
	Длина метр.	10	12	14	16	18	20	22	22
	Производительность тонн/час.¹)	1	1,5	2,3	3,13	4,1	3,2	5,2	6,4

Обзор различных конструкций обеспыливателей.

В настоящее время обеспыливатель газов является неотъемлемой и очень важной частью сушильного устройства, исправное действие которого необходимо для правильного функционирования всей установки.

Главнейшие обеспыливатели сушильных газов следующие:

1. Осадочные камеры (с водяным опрыскиванием или без него).
2. Циклоны с круглым и квадратным сечением.
3. Циклоны с последующим обеспыливанием в матерчатых или глинистых фильтрах, либо в циклонах.
4. Центробежные пылеотделители системы «Михаэлис».
5. Электростатические фильтры.
6. Новые фильтры Дельбага.

¹) Под производительностью понимается часовой выход угля, досушенного с 10 до 12% влажности в тоннах.

Как осадочные камеры (фиг. 38), так и циклон, (фиг. 39), не смотря на частое применение, не достигают цели, так как они отделяют только крупную пыль, увлекающуюся, главным образом, за счет большой скорости газов. Пыль, свободно подвешенная в воздухе, уходит из циклона в камеры в весьма больших количествах.

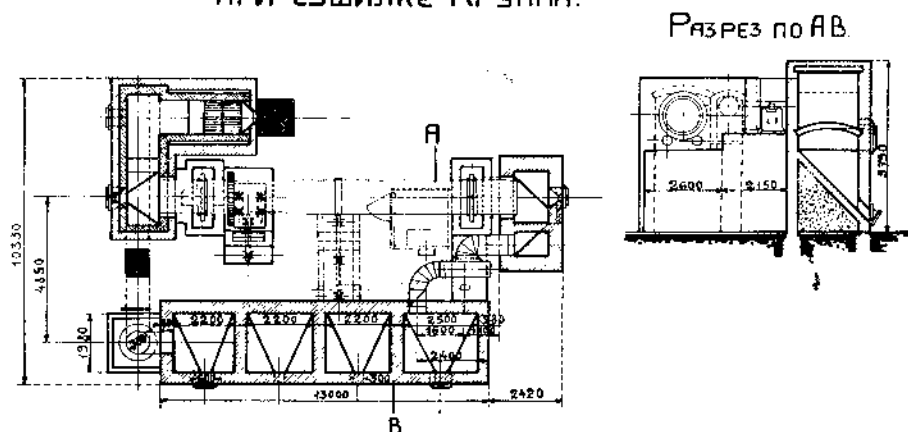
а) Осалочные камеры.

Отсюда необходимость вторичного обеспыливания от более тонкой пыли либо в матерчатых и висциновых фильтрах, либо, как это иногда применяется, во втором циклоне. Возражения против применения циклона для очистки от тонкой пыли и для второго циклона остаются по-прежнему в силе.

б) Вторичное обеспыливание.

Что же касается матерчатых и висциновых фильтров, то периодическое засорение и сравнительная трудность чистки делают их неудобными для эксплуатации. При этом матерчатые фильтры опасны в пожарном отношении: Helbig указывает, что все матерчатые фильтры в Германии горели, по крайней мере, один раз.

ПЫЛЕВАЯ ОСАДОЧНАЯ КАМЕРА ПРИ СУШИЛКЕ КРУППА.



Фиг. 38.

Наиболее до сих пор распространенные в Германии центробежные пылеотделители системы «Михаэлис» также пригодны для удаления только крупной пыли. Для работы на торфе они мало приспособлены, так как имеющиеся в них клапаны забиваются мелкими волокнами и остаются открытыми, — отчего работа пылеотделителя нарушается. Нужно отметить значительный расход энергии в них—около 20 квт. на аппарат, или приблизительно 5 квт/тону высушенного торфа. Наконец, они представляют собой большое сопротивление потоку газов—ок. 50 мм. в с. при полной нагрузке сушилки—и требуют наличия сильной тяги.

в) Пылеотделители сист. «Михаэлис».

Трудность отделения тонкой пыли от воздуха главным образом объясняется тем, что смесь воздуха и подвешенной в нем тонкой пыли при очень мелких пылинках, по размерам приближающихся к молекулам, по своим свойствам напоминает коллоидальные смеси. Электриче-

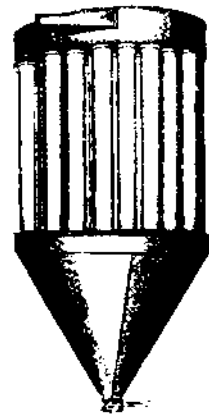
г) Электростатические пылеотделители.

ские фильтры ставят себе задачей разбить эту как бы коллоидальную связь между пылью и воздухом путем ионизации пыльной среды. Успешное разрешение этой задачи в газовой среде обеспечивается свободой относительно перемещения пылинки.

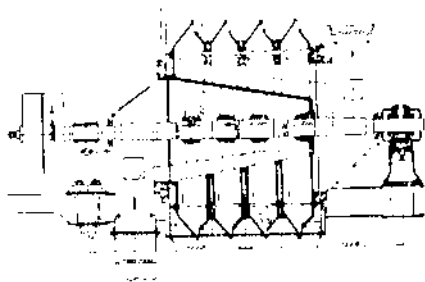
Принцип действия электростатических фильтров сводится к созданию сильного электрического поля между несколькими электродами, введенными в поток очищаемых газов (обычно Walker, Lodge и Cottrell). Электроды соединяются с источниками переменного или постоянного тока. Производительность фильтров при применении переменного тока значительно меньше (приблиз. на 30).



Фиг. 39. Циклон сист. „Wunderli“.



Фиг. 40. Материальный фильтр сист. „Lorileo“.



Фиг. 41. Центробежный пылеотделитель системы „Mikhalis“.

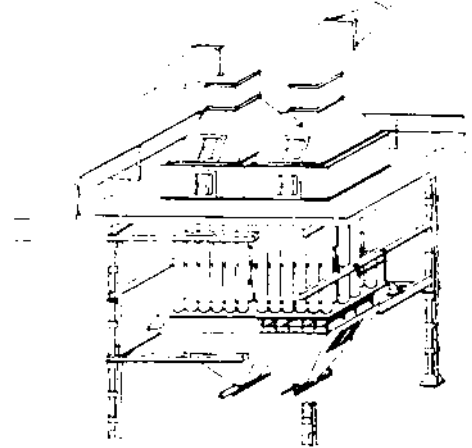


Схема включения первых фильтров по Cotrell'ю см. фиг. 42.

Первые фильтры этого типа — трубчатые, представлявшие собой батарею труб, — были сложны, дороги и требовали применения значительной тяги (фиг. 43).



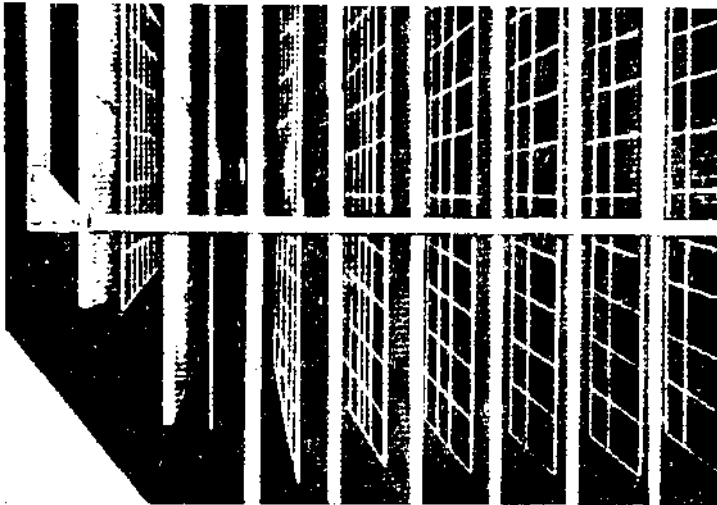
Фиг. 42. Схема включения электрических обеспыливателей сист. „Cotrell“.



Фиг. 43. Трубчатые фильтры сист. „Cotrell“.

Сейчас такой тип повсюду вытеснен более простыми фильтрами с пластинчатыми электродами. В виду особого интереса к этим фильтрам, проявленному Германской бурогольной брикетной промышленностью, в табл. XII приводятся краткие сведения о 3-х употребительных конструкциях: Siemens Schukkert, Lurgi, Oski.

На фиг. 44 показано расположение электродов в пылеотделителе Oski.



Фиг. 44. Расположение электродов в пылеотделителе сист. „Oski“.

Электрическая схема включения пылеотделителя сейчас несколько усложнена, благодаря введению различных приспособлений для регулирования рабочего напряжения и предохранительных приспособлений на случай перекрывания электродов (фиг. 45).

Особенности разных конструкций электростатических фильтров.

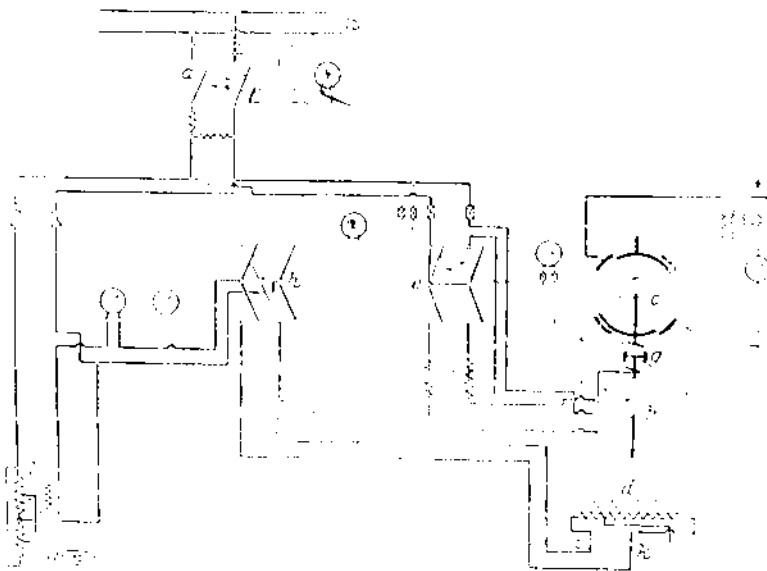
	Siemens—Schuckert.	Lurgi.	Oski.
Излучающие электроды (—).	<p>Сначала: Проволочная сетка с крупными клетками в раме.</p> <p>Теперь: Выштампованная твердая железная решетка с крупными клетками.</p> <p>Сетка дает чрезвычайно равномерный излучающий эффект.</p>	<p>Сначала: Простые гладкие проволоки, свободно подвешенные с грузиками на концах.</p> <p>Теперь: Прутья, 1,5—1 мм толщиной.</p>	<p>Сначала: тонкие троссы, сплетенные в сетку. Расстояние вертикальных троссов ок. 12—20 см.</p> <p>Теперь: Никелиновые проволоки 1 мм.</p>
Осаждающие электроды (—).	<p>Сначала: Проволочные сетки.</p> <p>Теперь: Волнистое железо.</p> <p>Осадочные электроды позволяют пыли свободно сползать вниз.</p>	<p>Плоские железные пластины.</p>	<p>Бетонные пластины, толщиной в 3 см.</p> <p>В пластинах проволочная сетка.</p> <p>От нагрева возможно появление трещин в бетоне, куда проникает пыль. В узлах сетки осаждаются большие хлопья, которые могут вызывать перекрывание электродов. Отсюда в некоторых установках понижают напряжение до 22—24 кв., что ухудшает очистку газов.</p>
Высота электродов	прибл. 4 метра.	2,5—3 метра.	2,5—3,4 метра.
Горизонтальное расстояние между осадочными электродами.	прибл. 350 мм.	<p>Сначала: 280 мм.</p> <p>Теперь: 360—420 мм</p>	220 мм.
Нормальная скорость газов метр/сек.	0,7—0,8	0,4—0,6	0,5
Напряжение между электродами.	35.000 вольт.	50.000 вольт.	35.000 вольт.
Сила тяги	1—2 мм. в. с.	3 мм. в. с.	3 мм. в. с.
Цена оборудования без стоимости камер и проч.	32.000 марок.	37.000 марок.	16.400 марок.

На осциллограмме фиг. 46 можно наблюдать выделение электронов при каждой половине периода.

Выбрасывание электронов начинается при определенном мгновенном напряжении и прекращается, когда оно попадает ниже этой величины. Очевидно, что в соответствии с этим происходит осаждение пыли.

W. V. D. I. 1926 № 8. Fischer. Elektrische Reinigung von Braueren in Braunkohlenbrennereien.

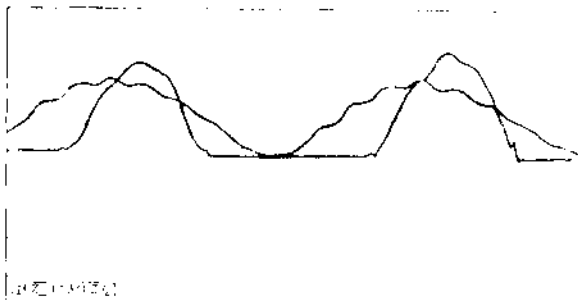
Способ расположения электростатических фильтров в потоке сушильных газов должен обеспечивать успешное удаление пыли и быть безопасным в отношении взрывов и пожара.



Фиг. 45. Электрическая схема включения пылеотделителя „Lurgi“.

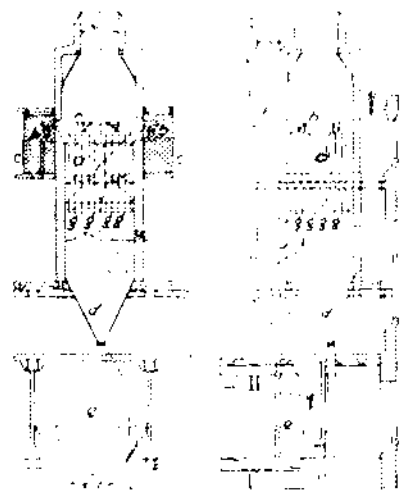
- | | |
|--------------------------------------|--|
| а — выключатель главного тока. | г — коллектор. |
| б — синхронный мотор. | h — переключатель направления тока. |
| с — коммутатор выпрямитель. | и, к — клеммы трансформатора. |
| д — трансформатор 220/55(800) вольт. | л — индукционный регулятор. |
| е — рубильник. | м — переменное индукционное сопротивление. |
| ф — индукционные сопротивления. | н — сеть низкого напряжения. |

Вертикальное расположение наиболее распространено. В нем успешно осуществляется равномерное распределение очищенной пыли



Фиг. 46. Кривые изменения эл. движущей силы переменного и выпрямленного тока.

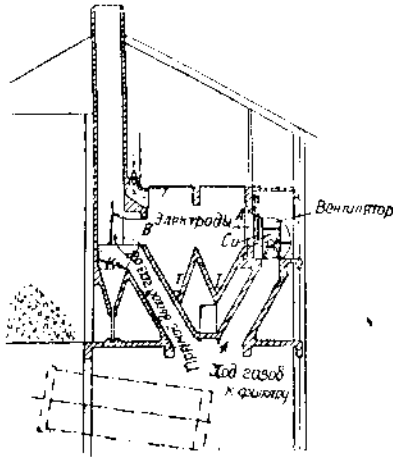
вдоль всего электрода. В случае взрыва, выделившиеся газы свободно расширяются вверх и уходят в трубу. Недостаток такого расположения заключается в наличии опасной в отношении взрыва зоны под осадочными электродами, где спокойное движение газов в моменты проваливания вниз осажденной



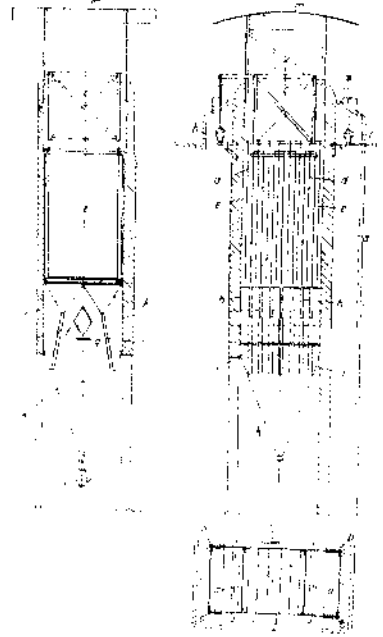
Фиг. 47. Электростатический обеспыливатель (вертикальное расположение).

пыли нарушается. Кроме того, в этом случае происходит как бы оплавление подлежащих очистке газов в ущерб работе фильтра. В настоящее время последнее обстоятельство смягчается благодаря устройству особых карманов для отвода пыли (фиг. 49).

Горизонтальное расположение свободно от вышеуказанных недостатков, но зато в нем трудно достигнуть равномерного распределения газов по поверхности электродов. При этом расположении фильтр представляет собой большее сопротивление для тяги и требует специального эксгаустера.



Фиг. 48. Электростатический обеспыливатель (горизонтальное расположение).



Фиг. 49. Электрический обеспыливатель для внутреннего обеспыливания с карманами для пыли.

Очистка газов в электростатических фильтрах почти полная—до 0,3 гр. пыли в м³ (до 95—99%).

Расход энергии ничтожен: до 15 миллиампер на стороне высокого напряжения, что составляет с потерями в моторе и переключателе до 1½ кв. на 1 аппарат, который очищает до 20.000 м³ газов/час. При вертикальном расположении—специального эксгаустера сушильных газов не требуется.

Наибольшая производительность 1 аппарата—36.000 м³/час.

Электрические фильтры для очистки сушильных газов все больше и больше проникают на фабрики буроугольных брикетов.

Проф. Franke¹⁾ устанавливает, что электрическая очистка сушильных газов на фабриках буроугольных брикетов получила значительное распространение и дает технические и экономические результаты.

На торфобрикетном заводе Demag Madruck в Seeshaupt также установлен электростатический пылесос для газов (Oskey), но в длительной работе он еще не был.

¹⁾ Braunkohle 1926. Franke „Neuere Fortschritte und Betriebsergebnisse bei der elektrischen Entstaubung von Braunkohlenbrikettfabriken“.

Однако практика буроугольных брикетных фабрик показывает и на ряд отрицательных сторон, связанных с применением электростатических фильтров.

К числу их относятся:

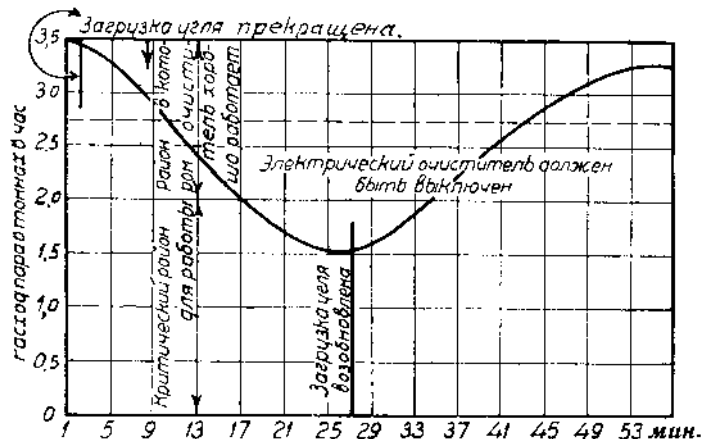
1) Создание сильно озонированного пространства в газовой среде с взвешенной горючей пылью. При способности активированного (коагулированного) торфа жадно впитывать в себя кислород, это обстоятельство становится опасным, даже несмотря на обилие водяных паров в этой среде.

2) Возможность перекрывания электродов, как вследствие чисто электрических явлений (резонанс напряжений), так и благодаря конструкции электродов.

Как показывают опыты Antrupp и Shöne, опасность перекрывания электродов сильно возрастает с уменьшением нагрузки сушилок или с уменьшением влажности сушильных газов.

Во избежание перекрывания, газы должны быть сильно насыщены парами.

Однако это требование не всегда осуществимо, так как во время работы сушилок возможно внезапное прекращение подачи торфа и вместе с тем уменьшение влажности отходящих газов ниже опасной зоны, при которой происходит перекрывание электродов.



Фиг. 50.

На диаграмме (фиг. 50) показано, что уже через 17 минут после внезапного прекращения загрузки угля, когда расход пара на сушку упал до 2 тонн в час, наступила опасность перекрывания электродов. По данным Antrupp и Schöne электростатический фильтр следует выключать, когда расход пара в сушилке меньше 2,7 т/час.

Особенно опасным является применение электростатических обеспыливателей для внутреннего обеспыливания, так как в этом случае среда, в которой повешены электроды, мало насыщена парами воды.

Для понижения опасности взрыва и пожара в установках с электростатическими пылеотделителями применяется ряд нижеследующих мероприятий:

а) Электрические предохранительные устройства. Перед включением прибора в работу должно быть определено напряжение, при котором происходит перекрывание электродов. Рабочее напряжение фильтра должно быть на 25% ниже этой цифры.

Применяется защита в виде предохранителей или искровых промежутков, которые выбираются с таким расчетом, чтобы пробой диэлектрика произошел в них, а не в фильтре.

б) Предохранительные устройства на случай опораживания сушилки:

1) Установка электрических контактов на бункерных затворах при входе в сушилку, подающих сигнал в случае прекращения подачи торфа.

2) Установка парометров с электрической сигнализацией.

3) Контактные сигналы парометры, устанавливаемые в самом фильтре.

4) Предохранительные клапаны при газоходах, на случай взрыва пыли.

в) Предохранительные меры при пуске в ход и при остановке сушилки: предварительное прогревание камеры, где находятся электроды, до устранения конденсации паров; при пуске и перед остановкой необходимо понижать напряжение между электродами.

Указанные выше предохранительные меры не дают уверенности в безусловной гарантии от взрыва, который при торфяной пыли может быть очень опасен, а потому вводить теперь эти фильтры для очистки торфяных газов при сушке торфа пока является преждевременным.

Представляет большой интерес применить для очистки сушильных газов простые и вполне безопасные фильтры, которые недавно выпустила германская фирма Дельбаг.

В качестве фильтрующего материала Дельбаг применяет куски металлических трубок, мелкий камень, уголь и т. д., при чем газы просачиваются сквозь слой этого материала. Процесс очистки от пыли происходит успешно по следующим причинам:

а) Каждое из многочисленных отверстий в фильтрующем слое представляет маленькую, но хорошо работающую осадочную камеру.

б) Стенки этих многочисленных камер покрываются налетом пыли, который усиливает фильтрующее действие для тонкой пыли.

в) Фильтрующий материал непрерывно заменяется свежим и осевшая пыль увлекается вниз.

г) Удельные нагрузки на фильтры Дельбаг в 10—20 раз выше, чем в матерчатых фильтрах, и составляют, по данным фирмы, 2.000—4.000 м³ м² поверхности в час.

д) Сопротивление потоку газов невелико и для 15.000 м³ газов в час составляет, по данным фирмы, 15 мм.

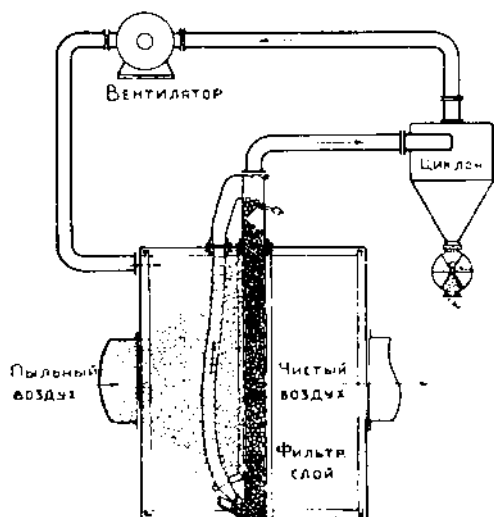
е) Фильтры нечувствительны к образованию паров и т. п.

Фильтры Дельбаг для сушильных газов строятся в двух исполнениях:

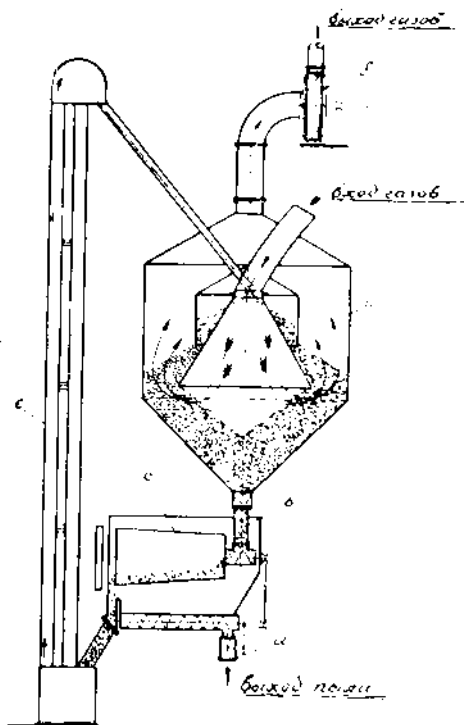
а) С вертикальным фильтрующим слоем (фиг. 51). Обычно эти фильтры включаются по 2 последовательно.

б) С горизонтальным фильтрующим слоем (фиг. 52) в цилиндрических сосудах.

Фильтр Delbag
С ПНЕВМАТИЧЕСКИМ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ ФИЛЬТРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА И АВТОМАТИЧЕСКИМ ОТДЕЛЕНИЕМ СУХОЙ ПЫЛИ.



Фиг. 51.



Фиг. 52. Новый обезпыватель сист. Delbag.

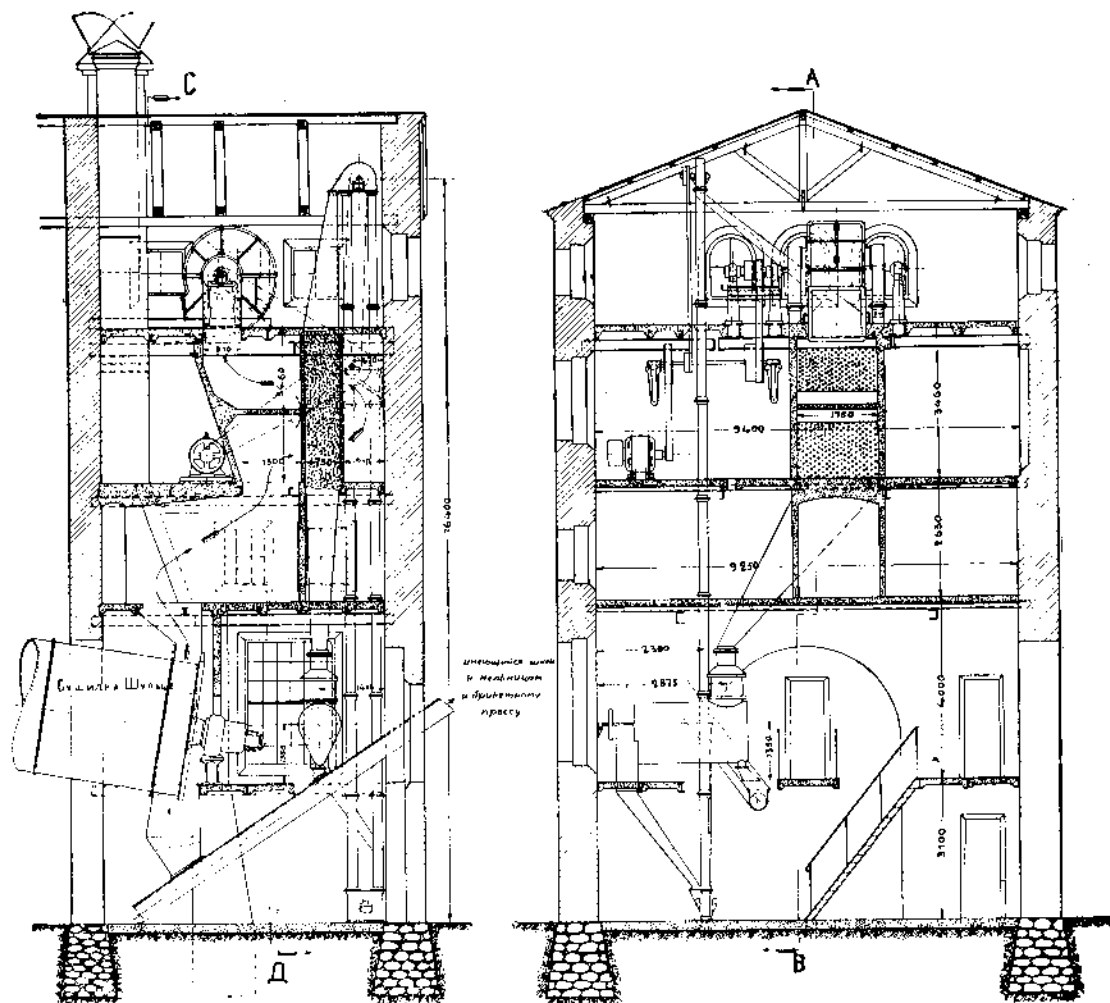
Перемещение фильтрующего материала (мелкого камня) производится сначала за счет его веса, а затем, после очистки его от пыли во вращающемся сите, при помощи элеватора. При этом, наружная поверхность фильтра заменяется много скорее, чем в первом фильтре, и благодаря этому осаждение крупной пыли всегда происходит в чистых камерах, которые затем служат для очистки зерна в качестве фильтрующего материала.

Фирма Дельбаг строит свои фильтры для высоких температур (до 600° Ц), а потому для сушильных газов они вполне применимы. Гарантируемая фирмой степень очистки—95%.

Запроектированный и приспособленный Гидроторфом к местным условиям на заводе по обезвоживанию, фильтр «Дельбаг» изображен на фиг. 53.

Осадочные камеры, циклоны и центробежные пылеотделители мало пригодны, вследствие недостаточного эффекта получаемой очистки, а электростатические фильтры рискованно применять из-за опасности взрыва торфяной пыли.

Вывод.



Фиг. 53. Проект установки фильтра для сушьных газов на заводе Гидроторфа.

Наибольший интерес представляет применить для очистки газов из торфяной сушилки фильтры «Delbag», если они дадут обещаемые фирмой практические результаты.

VII. Современная комплектная торфосушильная установка.

Предшествующие статьи уже наметили в общих чертах главные составные части оборудования торфосушильной установки.

Сюда относятся:

- а) Дробилки для торфа: молотковые для дробления торфа с влажностью до 40—45% и волчки или молотковые дробилки без решеток для торфа с влажностью свыше 45%.
- б) Бункера для дробленного торфа.
- в) Подающие устройства для выгрузки торфа из бункеров: тарельчатая или цепная подача.
- г) Загрузочные устройства для подачи торфа в сушилку: устройство Niekethier для трубчатых сушилок и тарельчатая подача для тарельчатых сушилок.

д) Сушилки: трубчатые или тарельчатые на паре и отходящих газах.

е) Транспортирующие устройства для подачи высушенного торфа в бункера при брикетных прессах или мельницах: обычно шнеки и ковшевые элеваторы.

ж) Устройства для охлаждения торфа на торфобрикетных заводах, которые могут быть сведены к длинным транспортным шнекам с хорошей вентиляцией, или к воздухопроводам, в которых движется сушенка, увлеченная воздушной струей. В последнем случае должны быть предусмотрены отделители сушенки от воздуха (циклоны с возвратом воздуха для транспорта и очисткой избыточного воздуха в специальных фильтрах). На фабриках, приготовляющих торфяную пыль, особых охлаждающих устройств не требуется.

з) Бункера для высушенного торфа перед мельницами и брикетными прессами. В последнем случае бункера должны быть настолько больших размеров, чтобы весь высушенный торф, как крупный, так и мелкий, успел принять одинаковую влажность (емкость бункера не менее, чем на 3-х часовой запас).

и) Фильтр для очистки газов, выходящих из сушилок. Наиболее целесообразным в данное время является применить фильтры Deibag с мелким камнем в качестве фильтрующего материала.

к) Устройство для внутреннего обеспыливания шнеков, элеваторов и бункеров, состоящее из системы воздухопроводов и вентиляторов. В небольших установках для очистки воздуха от пыли могут применяться те же фильтры, которые стоят при сушилках. В крупных установках часто ставят специальные фильтры (такой же системы, как указано в пункте и) для «внутреннего обеспыливания».

л) Особенно важно сочетать сушильную установку с паровой электрической станцией для получения отработанного пара из турбины с противодавлением или ответвленного пара из турбин с промежуточным отъемом.

Приходится констатировать, что современная торфосушильная установка является довольно сложным и дорогим устройством. Упрощение и повышение экономичности ее составляет первейшую задачу торфосушильной техники, тем более, что каждый механизм и каждая машина, входящая в состав установки, представляют собой широкое поле для улучшений и нововведений.

Использование скрытой теплоты парообразования испаренной воды, ускорение процесса сушки торфяной мелочи быть может путем взвешивания ее в струе горячих газов, пара или воздуха в условиях обеспечивающих наилучшую теплопередачу и упрощение всего оборудования, уже в настоящее время не представляются недостижимыми. Многочисленные работы: норвежские опыты с сушкой в высоком вакууме, американские попытки сушить торф при высоком давлении,

предстоящие русские работы (Теплотехнический Институт) по применению идеи «теплового трансформатора» при сушке торфа, германские работы по использованию тепла отходящих сушильных газов, показывают насколько работает техническая мысль над вопросами тепловой досушки влажных топлив.

Наряду с этим представляет большой интерес область размола топлива в среде горячего воздуха, или газа с высокой температурой в условиях, при которых, быть может, удастся чрезвычайно быстро высушить торф непосредственно в струе транспортирующего газа (Mahlrocknung).

В этом случае должны отпасть многие части сушильного устройства и даже самые сушилки, что, быть может, сделает котельные на торфяной пыли такими же несложными, как современные установки с «индивидуальным» размолом угля.

Производство работ в промышленном масштабе по изучению условий и эксплуатации сушки торфа в установках типа, выработанного хотя-бы пока только современной техникой, является необходимым и важным делом. Опыт, который может быть внесен в результате эксплуатации промышленной торфосушильной установки и которого у нас в СССР совершенно не имеется, несомненно внесет много нового в дело дальнейшего улучшения и удешевления тепловой досушки торфа.

VIII. Краткие сведения о работах Гидроторфа в области тепловой досушки торфа.

Сушильная установка на заводе искусственного обезвоживания при Государственной Электрической Станции имени инж. Р. Э. Классона могла производить тепловую досушку торфа, как при помощи пара, так и путем использования топочных газов от специальной топки или от котельной рядом расположенной районной станции.

Газовая сушилка барабанного типа, изделия завода Круппа, длиной в 13 метров при диаметре барабана в 1,6 метра, была заказана еще в 1921 году, а потому ей присущи недостатки тогдашних конструкций:

а) Сечение барабана (фиг. 54), при котором торф движется почти сплошным потоком, не дает возможности осуществить хорошее перемешивание торфа с газами. Отсюда неравномерность сушки и затруднения в случае применения высоких температур.

б) Перебрасывание больших количеств торфа внутри барабана с значительной высоты ведет к увеличению уноса пыли.

в) Последнее обстоятельство ухудшается отсутствием каких-либо серьезных пылеотделителей при сушилке Круппа, если не считать небольшой осадочной камеры. Впоследствии, сушилка была приключена к пылеотделителю системы Михаэлис, но без заметных результатов.

г) Сушилка имеет наружный обогрев барабана, что приводит к излишнему расходу энергии на просасывание газов сквозь сушилку, к

большому разрежению внутри ее и связанному с ним засосу воздуха сквозь неплотности. В случае применения высоких температур, это устройство опасно в пожарном отношении.

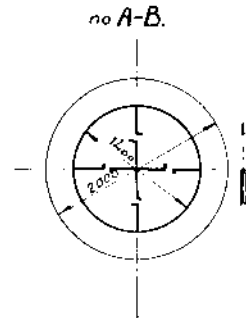
До самого последнего времени сушилка Крупна могла получать газы только от Государственной Электрической Станции имени инж. Р. Э. Классона с температурой в 160—200° Ц. Такая температура входящих газов позволяла пользоваться сушилкой исключительно для подсушки торфяной мелочи или раздробленного кускового торфа, который доставлялся на завод для брикетирования и влажность коего составляла 25—30%.

Температура уходящих газов обычно поддерживалась около 90°Ц.

При таких условиях производительность сушилки была около 3,5 тонн высушенного от влажности в 25% до влажности 13—15% торфа.

Расход топлива на испарение 1 кгр. воды определялся грубо ориентировочно ¹⁾ и составлял 1200—1400 калорий в зависимости от температуры входящих газов (протокол испытания № 16).

Расход энергии на 1 тонну высушенного торфа не являлся постоянным и зависит от нагрузки сушилки. При температуре газов в 160°Ц, начальной влажности в 25% и конечной в 13—14% он составлял:



Фиг. 54. Сечение барабана в сушилке „Крупна“ на заводе обезвреживания Гидроторфа.

Производительность сушилки в тоннах высушенного торфа в час.	Расход электрической энергии в квч/тонну высушенного торфа.			
	На вращение сушилки.	На пылеотделитель и эксгаустер.	Элеваторы и пр.	Всего.
1,65	4	17	3,5	24,5
3,2	2	8,1	1,5	12

Цифры расхода энергии на 1 тонну высушенного торфа значительно превышают обычные цифры для этих аппаратов. Причину этому нужно искать, с одной стороны, в низкой температуре газов и большой затрате энергии на просасывание их в достаточном количестве, с другой — в применении центробежного пылеотделителя системы «Михаэлис», который потреблял на себя около 20 кв., что составляло на 1 тонну высушенного торфа около 12 квч., при производительности в 1,65 тонны/час и около 6,2 квч при производительности в 3,2 тонны/час. В последнем случае потребление энергии сушилкой за вычетом расхода на пылеотделитель составляло ок. 6 квч/тонна, т. е., примерно, не выходило из пределов обычных цифр.

¹⁾ Продолжительность испытания ок. 4 часов.

Пылеотделитель системы «Михаэлис», который на время опыта был приключен для очистки газов, выделял:

а) при производительности сушилки в 1,65 тонн/час — ок. 41,5 кгр. пыли в час (ок. 2,5%).

б) при производительности в 3,2 тонны/час — около 30 кгр/час (ок. 1%).

Применение сушилки Крупна для подсушивания торфяной мелочи всегда производилось почти бесперебойно и стало вполне обычной работой на заводе, протекающей без всяких инцидентов. Внезапные остановки сушилки (например, из-за отсутствия тока) обычно сопровождалась началом возгонки торфа внутри сушилки, никогда не переходившим в воспламенение.

Первые попытки пускать сушилку для высушивания продукции завода (коагулированного торфа), потребовавшие оборудования специальной топки на пылевидном торфе и подачи газов непосредственно в барабан параллельным током, до сих пор не дали определенных результатов.

Обычно при температуре выше 400°C и начальной влажности торфа в 60—65% торф получался сильно неравномерной влажности: мелкие зерна были пересушены, крупные же (ок. 15 мм.), отличались высокой влажностью (иногда до 40%). Было два случая, когда осевшая на стенках камер внутри сушилки пыль коагулированного торфа начала загораться при температуре газов у выхода ок. 120°C.

В одном случае, когда начиналось воспламенение торфа внутри сушилки, потребовалось заливание водой внутренности барабана.

Для возможности повышения температуры газов при сушке коагулированного торфа в дальнейшем имеют быть применены:

а) более равномерное дробление торфа;

б) лучшее перемешивание его с газами внутри сушилки.

Кроме того, оборудована специальная камера для сжигания пылевидного торфа, которая в дальнейшем позволит изучать работу сушилки при разных температурах.

Паровая сушилка трубчатого типа применялась исключительно для сушки коагулированного торфа (продукции завода) и пуск ее в ход, как общее правило, сопровождался одновременной работой завода.

Вследствие этого, длительность работы сушилки всякий раз определялась исправностью работы пресса высокого давления системы «Мадрук», по выходе из которого торф направлялся в сушилку.

Отсутствие бункера для торфа перед входом в сушилку ставило работу последней в зависимость от работы пресса. Перебой в последней вызывали прекращение подачи торфа. Отсюда полная неустойчивость работы.

Снабжение сушилки паром также происходило в неблагоприятных условиях. Первоначально намеченная схема пароснабжения, по обстоятельствам от Гидроторфа не зависящим, не была выполнена. Пришлось довольствоваться подачей пара от ГЭС им. Классона через

редукционный клапан по 2" трубе, пропускавшей слишком малое количество пара.

Однако, в пределах фактической производительности пресса «Мадрук» сушилка вполне справлялась с своей задачей, высушивая поступающий торф с влажностью ок. 60% до 15%.

Расход пара, включая конденсат в трубопроводе, составлял около 1,4 - 1,5 кг. испаренной воды при давлении в 3 атм. раб.

Производительность сушилки при этом обычно не превышала (благодаря ограниченной производительности пресса «Мадрук») 2 тонны высушенного торфа в час.

Расход мощности на вращение сушилки в холостую был равен 6,7 кв. При производительности сушилки в 2,5 тонн час он составит 2,7 квч на 1 тонну высушенного торфа.

Потребление мощности эжектором и пылеотделителем вместе было около 25 кв., что составляло (протокол № 21) около 12,5 квч. на тонну высушенного торфа.

Полный расход энергии на сушку, таким образом, был, примерно, 15 квч тонну. Если исключить из этой цифры расход на пылеотделитель, то расход энергии был около 7 квч тонну высушиваемого торфа или в пересчете на 1 тонну продукции завода в брикетах, примерно, 9 квч тонна.

Явление застревания торфа в трубах сушилки наблюдалось редко. Загрузочное устройство системы Picketier работало вполне удовлетворительно.

Перерывы в подаче торфа на короткое время (до 10 минут без перерыва в работе) пожаров не вызывали.

Исключением является один случай, когда потребовалось остановить сушилку на 1/2 часа. Несмотря на закрывание пара, температура торфа успела подняться, примерно, до 130°, в результате чего начала происходить возгонка, переходившая в отдельных случаях в загорание торфа.

Расход воздуха, поданного эжектором, составлял, примерно, около 6 м³ 1 кг. высушенного торфа или около 5 м³ кг. испаренной воды.

Нормальная продолжительность пребывания торфа в сушилке -- около 40 минут, при числе оборотов в минуту 3,5 - 4.

Прогревание сушилки паром занимает ок. 1 - 1,5 часов. Расход пара на прогревание на 1 тонну веса сушилки составляет около 16 кг.

В ближайшем будущем намечается:

а) полная реорганизация пароснабжения. Пар будет получаться от собственного котла, работающего на торфяной пыли. Возможно, что в дальнейшем перегретый пар из котла, который построен для давления в 30 атм., будет предварительно расширяться в турбине с противодавлением.

б) устройство бункера для сырого торфа перед сушилкой, чтобы сделать работу ее не зависящей от работы завода.

в) установка пылеотделителя для сушильных газов системы Дельбаг.

Эти мероприятия позволяют вести работу по изучению сушки торфа методически и планомерно и дадут возможность установить более надежные цифры.

Подготовка торфа для сушки — дробление — производилось:

- а) в мельнице Альпина при торфе с влажностью до 35%.
- б) в вальках завода «Мадрук» — с влажностью около 60%.

Сведения о работе этих механизмов были изложены выше.

В дальнейшем намечается установить двойное последовательное дробление торфа перед сушилкой в целях получения более равномерного помола.

Применение для целей сушки одновременно и газов, и пара не производилось в виду незначительной пропускной способности газопровода, который может пропустить только ок. 3000 м³ газов час.

После необходимого переоборудования можно будет начать работы и по комбинированной сушке.

Предшествующий период работы Гидроторфа с сушилками свелся не столько к экспериментированию, сколько к наладке работы сушилок и приучению персонала к работе с ними. Главное условие для тепловых экспериментов — вполне установившийся режим — при произведенных опытах осуществить не удавалось по причинам, указанным выше. Поэтому сообщенные выше цифры только намечают порядок действительных технических характеристик сушилок.

Более точное установление этих характеристик и переход от наладки сушилок к подробному изучению их работы — составляет теперь очередную задачу Гидроторфа.

Б. В. Мокрицкий.

Размол торфа и транспорт торфяной пыли.

1. Краткий обзор существующих мельничных устройств для размола топлива.

Механическое облагораживание топлива путем затраты энергии на превращение его в пыль имеет целью придать топливу новые свойства, обеспечивающие полное сгорание его при теоретическом количестве воздуха.

Смысл превращения топлива в пыль.

В результате превращения кускового топлива в пыль происходит:

- а) увеличение поверхности нагрева топлива;
- б) увеличение поверхности для испарения из него влаги;
- в) увеличение поверхности для выхода летучих;
- г) увеличение поверхности окисления;
- д) увеличение поверхности теплоизлучения.

С одной стороны, чем тоньше размол, тем больше отступает топливо от первоначальных своих качеств. В пределе—при размоле до размера молекул — смесь воздуха и пыли по своим свойствам приблизится к газовому топливу.

С другой стороны, увеличение тонкости помола влечет за собой возрастание расхода энергии, который, в случае доведения пылинок до размера молекул, по подсчету Helbig'a, составит около 100.000 квч. на один килограмм. Понятно, что в этом случае, работа, израсходованная на размол, будет несравнимо больше той работы, которую можно получить от сжигания такой тонкой пыли.

Как показывает опыт, подобное чрезмерное размельчение топлива вовсе не требуется, так как уже при тонкости помола, осуществляемой в современных мельницах, когда каждая пылинка во много раз крупнее молекулы, удастся все же осуществить полное сгорание пыли в присутствии почти теоретического количества воздуха.

Определение размера отдельных пылинок, необходимое для оценки работы мельниц, в настоящее время производится путем пропускания этой пыли через отдельные сита и взвешивания остатка, получившегося на каждом из них.

Определение тонкости пыли.

Нормированные размеры таких сит, применяющихся в последнее время в Германии, Франции и Америке, приводятся ниже в таблице I.

Таблица I.

№ сита, опре- деленного числом отверстий на 1 кв. дюйм.	Германия, по данн. Крушпа.			Франция.			Америка.		
	Число от- верстий на 1 см ² .	Толщина от- дельных проволок в мм.	Ширина от- верстий в мм.	Число от- верстий на 1 см ² .	Толщина проволоки в мм.	Ширина отверстий в мм.	Число от- верстий на 1 см ² .	Толщина от- дельных пров. в мм.	Ширина отверстий в мм.
60	560	0,18	0,23	484	0,2	0,25	560	—	0,22
65	655	0,165	0,22	567	0,18	0,23	—	—	—
70	760	0,16	0,21	658	0,18	0,20	760	—	0,185
75	870	0,15	0,19	—	—	—	—	—	—
80	990	0,14	0,18	860	0,16	0,177	992	—	0,173
90	1250	0,127	0,15	1087	0,14	0,16	1255	—	0,15
100	1550	0,118	0,14	1344	0,12	0,15	1552	—	0,14
110	1880	0,105	0,121	1625	0,11	0,135	1880	—	0,13
120	2230	0,092	0,119	1936	0,1	0,125	2218	—	0,117
130	2620	0,08	0,116	2272	0,1	0,107	2618	—	0,109
140	3040	0,075	0,106	2635	0,09	0,103	3020	—	0,107
150	3500	0,07	0,099	3025	0,08	0,1	3500	—	0,104
160	3970	0,0675	0,095	3442	0,08	0,089	3980	—	0,096
170	—	—	—	3964	0,07	0,089	4195	—	0,089
180	5000	0,065	0,081	4356	0,07	0,08	5050	—	0,084
190	—	—	—	4851	0,06	0,082	5600	—	0,079
200	6200	0,045	0,08	5378	0,06	0,075	6200	—	0,071
220	7500	0,041	0,072	6639	0,05	0,073	—	—	—
250	9700	0,0425	0,051	9259	0,05	0,058	9700	—	0,061
300	—	—	—	12345	0,04	0,05	13950	0,04	0,046

Германские нормы, выработанные Государственным угольным Советом от 2 ноября 1924 г. были следующими:

Таблица II.

Число отверстий на см ² .	Толщина проволоки—мм.	Ширина отверстия мм.
900	0,11	0,23
2500	0,075	0,128
4900	0,055	0,095
6100	0,050	0,075

Наиболее правильная оценка качества помола от различных мельниц будет дана, как указывает Rosin, если характеризовать всякую пыль остатком на ситах в зависимости от размера отдельных отверстий, а не от числа отверстий на см.², т.е. изображая результаты анализа в координатах, указанных на фиг. 1.

В этом случае, при сличении помолов между собой, совершенно отпадает возможность ошибок в понимании № сита и числа отверстий на см.².

Обычно до самого последнего времени тонкость помола характеризовалась остатком только на 2-х ситах: в Германии на сите 4900 и 900 отверстий, а в Америке на ситах №№ 200 и 100.

Тонкость пыли, необходимая для полного сгорания, зависит прежде всего от свойств топлива и определяется скоростью сгорания отдельных пылинок. Они должны быть тем больше, чем меньше летучих содержится в топливе, чем больше его зольность и влажность.

Для большинства германских углей требуется, чтобы остаток на сите 4900 составлял 10—15%, а на сите 900 был равен нулю. Для более дорогих углей и притом с малыми летучими, по мнению Helbig, следует идти до остатка в 5 (4900), каковой является пределом тонкости, так как дальнейшее прогрессирование в этом направлении приводит уже к презмерным затратам.

Применяемые до настоящего времени мельничные устройства для размола топлива, могут быть подразделены на 2 главных категории: быстроходные и тихоходные.

К первой категории относится целый ряд самых различных конструкций, которые могут быть подразделены на 3 следующих основных типа:

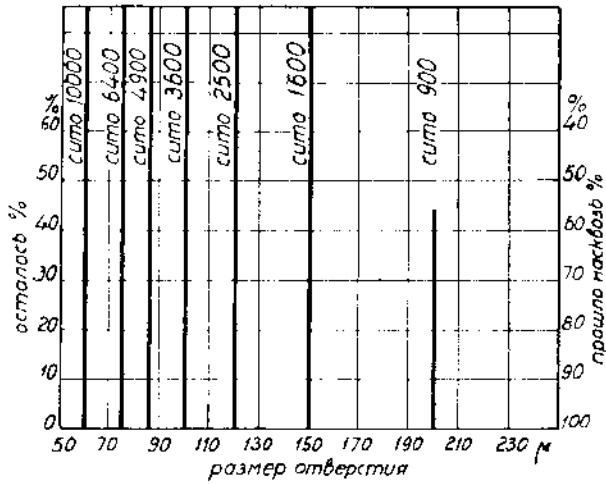
- а) Вальцовые;
- б) Шаровые;
- в) Ударные.

Вальцовые мельницы осуществляют размол между телами цилиндрической формы:

- а) Путем раздавливания, если эти тела вращаются с одинаковой скоростью и имеют гладкую поверхность;
- б) Путем раздавливания и перетираия, если одно из тел неподвижно или если размалывающие тела вращаются с разными скоростями или снабжены на поверхности ребрами.

Простейший тип вальцовой мельницы с двумя горизонтальными цилиндрами, вращающимися с одинаковой скоростью, не удержался в практике размола топлива, вследствие неравномерного помола и малой производительности таких мельниц.

Наиболее распространенным изменением этого первоначального типа явились мельницы, в которых размол происходит между внутренней поверхностью цилиндрического тела и прилегающими к ней вальцами.



Фиг. 1.

Главнейшие типы мельниц для размола топлива.

Быстроходный тип.

а) Вальцовые мельницы.

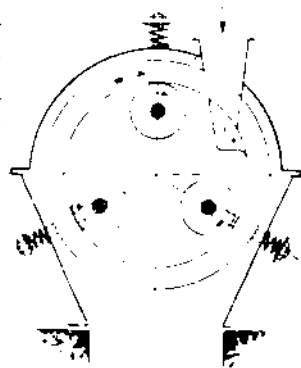
При горизонтальном положении осей, размалывающих тела, эти мельницы известны под именем кольцевых, вальцовых мельниц (Ringwalzenmühle). (Фиг. 2).

В этих мельницах валцы могут перемещаться только в радиальном направлении. Наружное кольцо имеет отверстия и, кроме того, иногда снабжается лопастями, разбрасывающими пыль по сити, которое окружает их.

Как всякая вальцовая мельница, этот тип дает сильно неравномерный помол, а потому нуждается в обязательном отделении крупных пылинки.

Устройство сита вокруг мельницы, вообще говоря, сильно понижает ее производительность, а потому в настоящее время от подобных устройств отказываются, устанавливая их отдельно от мельницы, или заменяя сито центробежным сепаратором крупных кусков, изображенным на фиг. 3.

Главные технические данные для таких мельниц, изготовляемых фирмой «Sint von Sisebet», Berlin-Teltow, приводятся в таблице № III.



Фиг. 2.
Кольцевая вальцовая мельница.

Технические данные для „трехвальцовых“ мельниц.

Производительность тонн час.	Мощность мотора в лощ. сил.	Вес мельницы в тоннах.	Размеры мельницы в метрах.		
			Длина.	Ширина.	Высота.
0,9 1,5	16	1,9	1,1	1,2	1,5
1,8 2,1	26	5,1	2,2	1,8	2,1
3,2 4,0	38	6,5	2,2	2,3	2,1
5,0 6,0	50	10	3,0	3,0	2,8

Нормальное число оборотов в минуту 200.

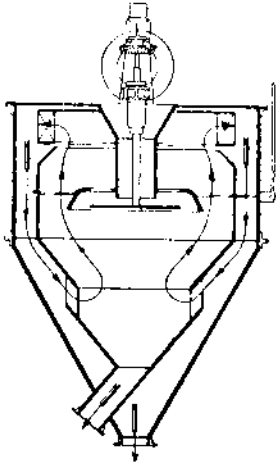
Практически расход энергии в мельницах кольцевого типа, включая элеватор и сепаратор, составляет при тонкости помола 15 (4.900) около 14 квч. тонна пыли и при тонкости 10 (4.900) около 20—26 квч тонна пыли.

Мельницы эти чувствительны к влажности: мокрая угольная пыль налипает на внутренней поверхности, что вызывает беспокойную работу и затрудняет применение таких мельниц для сырого угля.

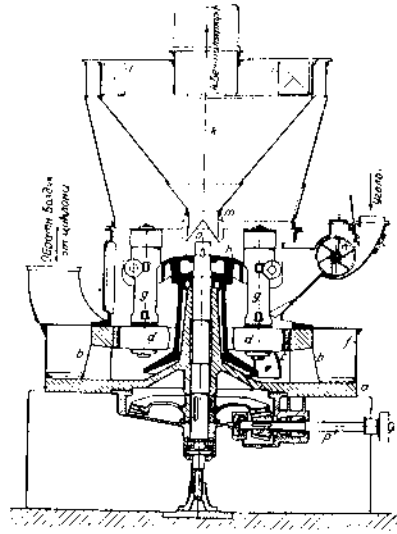
Мельницы эти успешно работают на электрической Станции в Моабите (Берлин), где, впрочем, ввиду сравнительно малой производительности их, в дальнейшем решено переходить на мельницы других типов.

Другим наиболее распространенным видом вальцового типа является мельница, у которой размол производится внутри неподвиж-

ной цилиндрической поверхности с вертикальной осью при помощи валцов, оси которых могут свободно качаться в точке их закреплений и которые прижимаются к внутренней поверхности цилиндра при помощи центробежной силы. К мельницам этого типа относится известная, очень распространенная в Америке, мельница Раймонда.

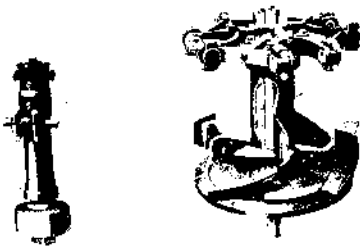


Фиг. 3.
Центробежный сепаратор
крупных пылин.



Фиг. 4
Мельница Раймонда.

а—станина, б—вход обратного воздуха, в—кольцо для размола, d—валцы, e—лопасти, f—камера из листового железа, g—пыльцы, h—шайба для поддержания валцов, i, k—сепараторы крупной пыли, l—дрозсельные клапаны, m—выпускной клапан, n—загрузочный клапан, o—главный вал, p—приводной вал.



Фиг. 4а.
Отдельные части мельницы Раймонда.

В этих мельницах сила раздавливания определяется центробежной силой, передаваемой на неподвижное кольцо.

Помол отличается крайней неравномерностью, исключаяющей всякое применение этих мельниц без специального добавочного устройства.

Таковым является установка специального вентилятора, просасывающего воздух сквозь место размола и уносящего с собой пыль через особый сепаратор крупных кусков в циклон, где она отделяется от воздуха, который затем поступает обратно в мельницу. Неизбежный избыток воздуха, засосанного в мельницу сквозь неплотности, в наивысшей точке воздухопровода выпускается внаружу и иногда очищается от пыли в специальных циклонах или фильтрах.

Тонкость помола определяется скоростью просасываемого воздуха и может регулироваться одновременно с изменением производительности мельницы.

Применение такого способа отделения готового помола от крупных частиц является неотъемлемой частью мельниц Раймонда и явилось причиной их большой производительности, которая уже сейчас достигает 15 тонн пыли в час.

Главные технические данные этих мельниц по сведениям от фирмы «Curt von Grueber» следующие:

Таблица IV.

Технические данные мельниц Раймонда.

Производительность тонн в час.	Мощность мотора в л. с.	Вес мельницы в тоннах.	Главные размеры в метрах		
			Длина.	Ширина.	Высота.
1—15	35	6	3	2	6
2—3	65	11	1,5	3	8
5—6	125	16	3,5	1	10
12—15	300	38	6,5	5	12

Мельницы эти могут работать с еще большей производительностью в случае применения особых автоматических мембран, установленных на всасывающем воздухопроводе и позволяющих поддерживать постоянную нагрузку мельниц; в случае перегрузки увеличение разрежения повлечет за собой временное прекращение загрузки топлива.

Нормальное число оборотов мельниц этого типа составляет 200 оборотов в минуту.

Влажность угля, при которой они могут работать удовлетворительно при температуре воздуха около 15°C, около 5—8%. Эта же цифра подтверждается эксплуатацией мельниц Раймонда на электрической станции в Genne Villiers (Париж).

Расход энергии, включая воздушный транспорт до циклона составляет ок. 15—20 квч/т. Воздушный транспорт на высоту около 10 метров берет около 3—4 квч тонну.

С возрастанием нагрузки, расход энергии на тонну падает.

Точность помола в этих мельницах, вообще говоря, не постоянна и зависит от нагрузки, с возрастанием которой она увеличивается, в противоположность мельницам кольцевого типа, где она возрастает с уменьшением нагрузки.

Срок службы отдельных частей мельницы Раймонда, по данным Münzinger, следующий:

Кольцо для размола 19.000 — 60.000 час.

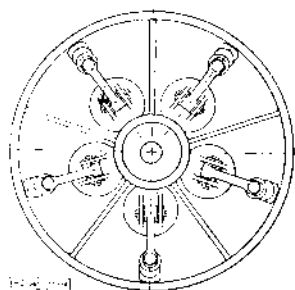
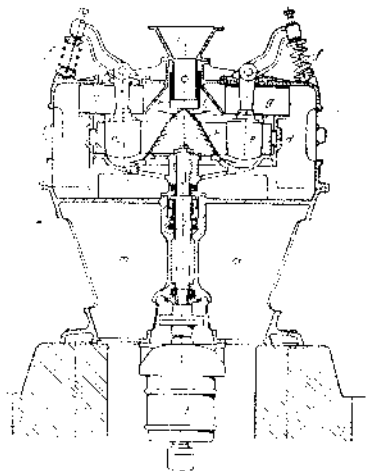
Вальцы 20.000 — 30.000 »

Колесо эксгаустора 3.000 — 12.000 »

Напоминает по своей конструкции мельницу Раймонда новая мельница Loesche «Maximalmühle», представляющая собой сочетание мельницы и воздушного сепаратора.

¹ Münzinger.

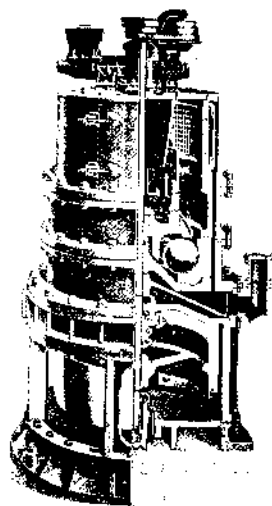
В мельнице Loesche вращается особое блюдо (Schüssel) вместе с кольцом, к стенкам которого изнутри прижимаются при помощи пружин несколько валцов.



Фиг. 5.

Мельница системы Loesche „Maximal-Mühle“.

а) вертикальная ось, б) электромотор, в) блюдо, д) кольцо для размола, е) валцы, ж) пружины, з) рабочее колесо вентилятора, и) воронка, л) тарелка для разбрасывания поступающего угля.



Фиг. 6.

Центробежная шаровая мельница Fuller'a с ситом.

Мельница Loesche может иметь особо широкое применение в тех случаях, когда размалываются сравнительно нетвердые сорта углей; в этом случае можно обходиться без устройства особых сепараторов для крупных пылинки.

Запроектированная производительность первых мельниц этой системы — 8 тонн пыли в час. Эксплуатационные данные пока не опубликованы.

В центробежных шаровых мельницах валцы заменены шарами, расположенными в количестве 4—6 штук вокруг вертикальной оси и приводимыми во вращение при помощи особой крестовины. Под действием центробежной силы шары отжимаются к кольцу и таким образом раздавливают и перетирают поступивший в мельницу материал.

Над шарами на общем валу посажен вентилятор, высасывающий пыль из того места, где происходит размол и разбрасывающий ее по поверхности сита, которое в верхней части окружает мельницу.

К такому типу мельниц принадлежат мельницы Fuller-Lehigh, в Америке, Amme-Giesecke & Koenigen в Германии.

Технические данные для них приводятся в таблице V.

б) Центробежные шаровые мельницы.

Таблица V.

Технические данные для мельниц Fuller'a.									
Производи- тельность тонн час.	Тонкость пыли.	Число оборотов в минуту.	Размер кусков угля при входе.	Мощн. мотора л. с.	Вес мель- ницы тонн.	Площадь пола м ² .	Высота мельницы в метрах.		
0,45	0,55	5% на сито № 100	150	20 мм	10	3,7	1,2	< 2	2,26
2	2½	15% на сито № 200	210	20 мм	35	9,5	1,75	× 2,5	2,9
4—6	.	.	400	25 мм	50	16,0	1,9	× 2,9	3,2
8—10	.	.	130	30 мм	100	27,3	2,44	× 2,44	3,53

Ограниченная производительность мельниц этого типа и порча сит, на которые вентилятор бросает частицы угля, привели к необходимости просасывания воздуха сквозь мельницу при помощи особых вентиляторов. При этом просасываемый воздух не проходит через место, где производится размола (как это имело место в мельнице Раймонда, что служит недостатком мельниц Fuller'a.

Другим существенным недостатком мельниц, производящих размола при помощи центробежной силы, является падение производительности их при износе шаров, вальцов и кольца.

Срок службы частей мельницы Fuller'a¹⁾:

Кольцо	12 месяцев,
Шары	6 »
Сита	3—4 »
Предохранительные сита	3 »

При размоле очень твердых топлив (антрацита), производительность этих мельниц уменьшается на 30—40%.

Расход энергии в них в процентах от производительности при разных остатках на сите 4.900 по данным Helbig составляет:

Таблица VI.

Фирма.	Остаток на сите 4900.		
	5	10	15
Amme	65%	100%	136%

Расход энергии на 1 тонну пыли (при старом типе мельниц), согласно данных фирмы «Fuller»: при тонкости 10% (4.900) 17 квч. тонна (каменный уголь); при тонкости 7—8% (4.900) 18 квч. тонна (верхне-силезский уголь); при тонкости 15% (4.900) 10 квч. тонна (бурый уголь, влажность не указана).

Helbig при размоле 1.610 кгр. бурого угля в час до остатка в 7,2% (4.900) получал расход энергии в этих мельницах равным 34 квч. на тонну.

Расход энергии в мельницах нового типа с большой производи-

¹⁾ Harvey

тельностью (в 25 тонн в час) пока неизвестен. Во всяком случае, Münzinger отмечает, что, наряду с мельницами Раймонда, мельницы Fuller'a пользуются наибольшим распространением, и что в настоящее время, уже имеется спрос на мельницы с производительностью в 50 тонн в час.

На фиг. 7 изображена новая мельница Fuller'a для производительности в 20 тонн в час.

Ударные мельницы в зависимости от расположения тела, разбивающего размалываемый материал, могут быть разделены на несколько главных групп.

К первой из них принадлежат мельницы центробежного типа, схематически изображенные на фиг. 30 в предыдущей статье. В таком виде они дают неравномерный помол и применяются только для дробления хрупкого топлива.

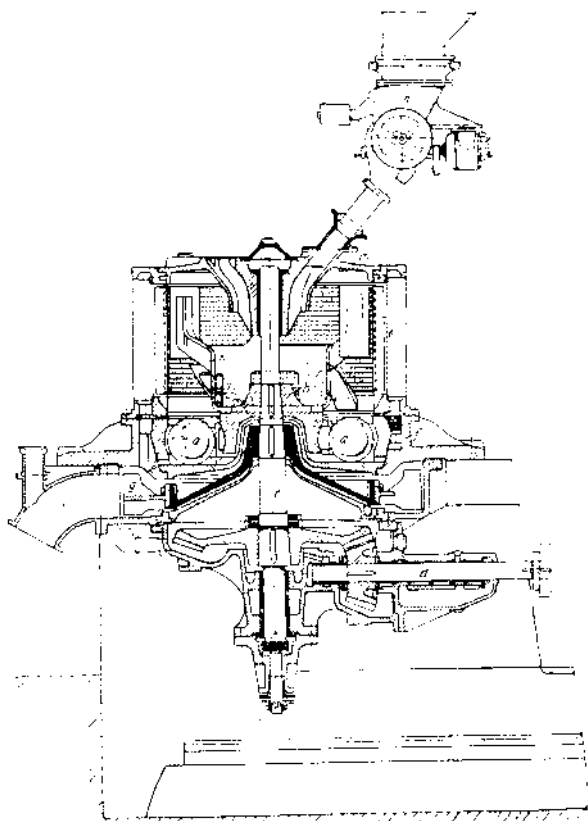
В более усовершенствованных мельницах „Atritor“ движение угля происходит благодаря высасыванию его вентилятором, заставляющим уголь

проходить от вала к периферии и обратно. Сепарация крупных кусков производится благодаря действию центробежной силы, отбрасывающей их к периферии мельницы. (Фиг. 8).

Эти мельницы строятся на ограниченную производительность (до 2 т./час.) и применяются для дробления сравнительно мягких углей при так называемом индивидуальном размоле.

В настоящее время фирма «Riley Stoker Corporation» внесла ряд конструктивных изменений в прежний тип: первая камера мельницы, в которой происходит главным образом дробление угля, превращена в молотковую мельницу, которая в качестве дробилки несомненно будет работать более успешно; вторая камера, в которой сила тяги должна преодолевать действие центробежной силы, действующей на пылинки, оставлена без изменений. (Фиг. 9).

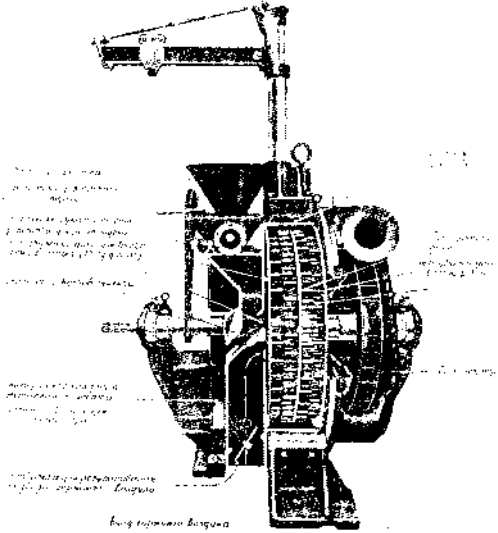
Фирма указывает, что расход энергии в таких мельницах при



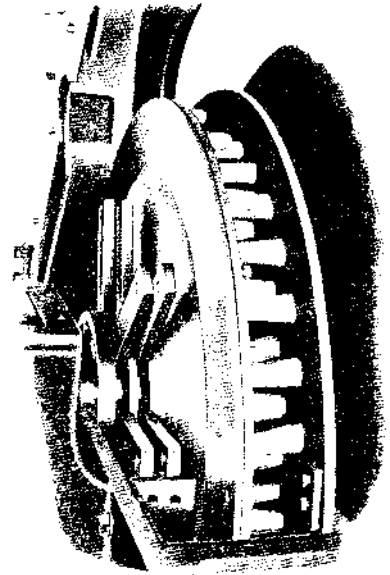
Ударные мельницы.

Фиг. 7.
Мельница „Fuller“ новой конструкции.

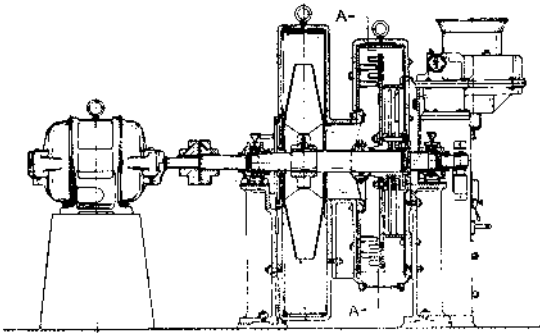
размолде угля с влажностью ок. 7% при тонкости помола до 10 (6.200) с применением подогретого воздуха при температуре около 115°C, составляет примерно 9 квт./тону. Производительность мельниц: около 4 тонн/час.



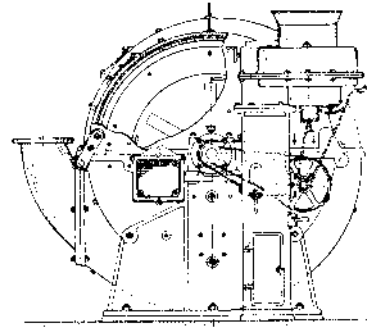
Фиг. 8.
Мельница „Atritor“ (старая модель).



Фиг. 9.
Мельница „Atritor“ (новая модель).



Фиг. 9-а.
Мельница „Atritor“ (новая модель).



Фиг. 9-б.

Одним из главных недостатков центробежных мельниц является износ ударников, часто нарушающих балансировку.

Остальные ударные мельницы работают примерно по следующей схеме: они разбрасывают по окружности поступивший в них материал, который разбрасывается, ударяясь о внутренние стенки мельничных камер; поверхность камер иногда делается зубчатой. В большинстве случаев пыль высасывается вентилятором, что дает возможность регулировать тонкость размла путем изменения скорости воздуха, проходящего через мельницу.

В некоторых типах мельница внутри окружена ситом.

К последнему типу принадлежит мельница «Teutonia», изображенная на фиг. 10. В мельницах этого типа поступившее топливо сначала разбрасывается по окружности, затем падает во 2-ю камеру, где разбивается и прогоняется сквозь сито.

Производительность мельниц „Teutonia“ весьма ограничена—до 2 тонн в час. В большинстве случаев, отсеивание крупных кусков производится в специальном сепараторе типа циклона.

Некоторые типы ударных мельниц (Walther, La Combustion rationnelle, тип CR и др.) представляют собой многокамерную мельницу, сквозь которую просасывается воздух, унося из каждой камеры только достаточно мелкую пыль.

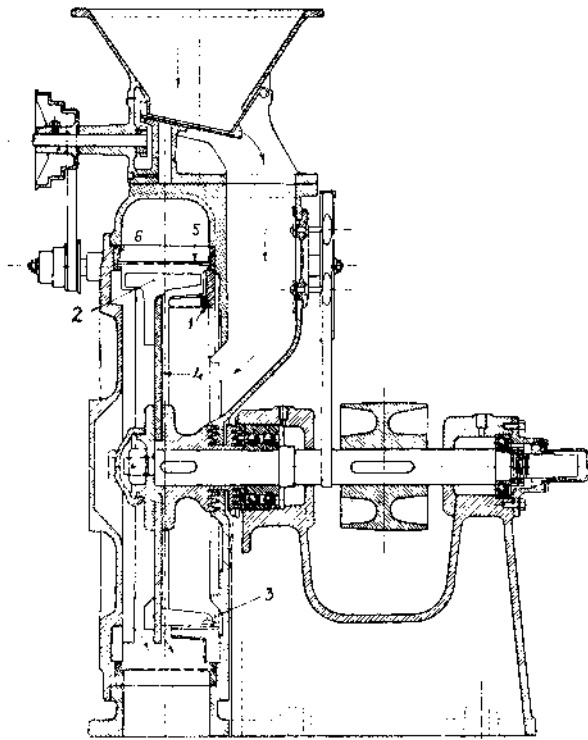
Мельницы этой группы могут работать при угле с влажностью в 12% и даже 15% и при том без особых сепараторов, но отличаются невысокой производительностью (до 4-х тонн/час.).

Срок службы частей у них следующий¹⁾:

- а) ударников 1.500—2.000 час.
- б) внутренних обойм 3.000—4.000 »

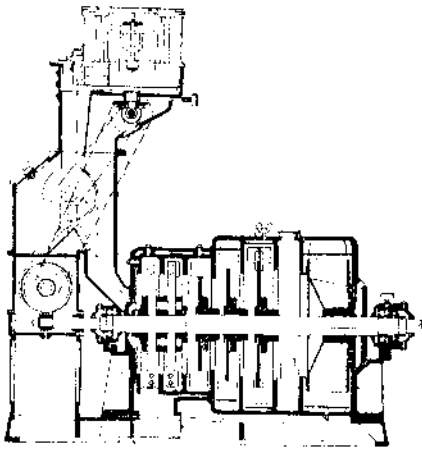
В настоящее время фирма «La Combustion rationnelle» выпустила новые мельницы большей производительности, с одним диском. Отделение крупных частиц производится в специальных циклонах, установленных при каждой мельнице. Применение подогретого воздуха для высасывания пыли из этих мельниц значительно облегчает размол влажного угля.

¹⁾ По сведениям, полученным от Главного Инженера Электрической станции в Compiègne (Франция).



Фиг. 10. Мельница „Тевтония“.

К этой же группе мельниц принадлежит «Grindle Multistage Vertical Unit Pulverizer» (фиг. 12), дающая размол с остатком до 25% на сите 200 и расходующая ¹⁾ 12 квч. на тонну угля с 3% влажности.



Фиг. 11.
Многокамерная ударная мельница
фирмы „Babcock & Wilcox“.

Мельницы эти обладают производительностью в 2½ тонны/час; в ближайшем будущем их производительность будет повышена до 5 тонн/час.

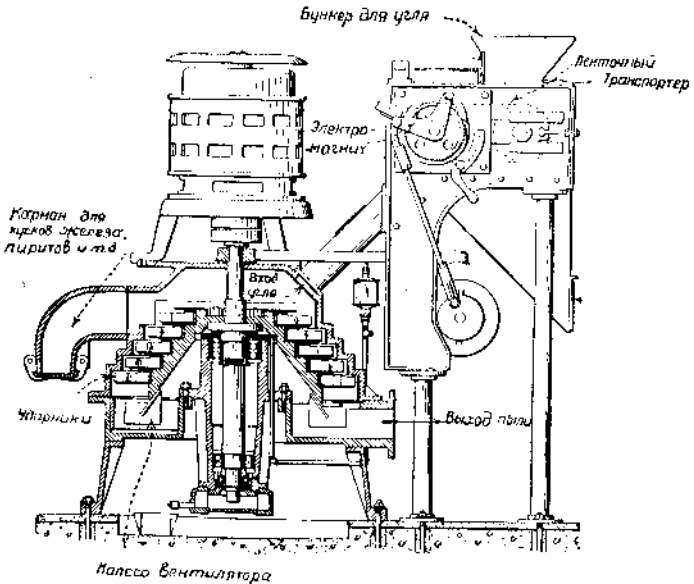
Особую группу ударных мельниц составляют так называемые молотковые мельницы (Hammermühle), описанные раньше. Мельницы эти дают неравномерный помол и при твердых топливах отличаются малой производительностью ²⁾.

Получившая некоторое распространение мельница Koffino (фиг. 12) принадлежит также к типу ударных мельниц. Малая производительность при тонком помоле, большой рас-

ход энергии, чувствительность к попаданию крупных кусков—се главные недостатки.

По измерениям Pelbig, расход энергии на 1 тонну высушенного бурого угля с влажностью в 15% в мельницах Koffino составляет: при остатке 20% (4900)—40 квч./тонна и при остатке 30% — 34 квч. тонна.

Фирма „Krupp A. G. Grusonwerk“ дает технические данные размол бурого угля с влажностью в 15% до остатка 35 (4900) на мельницах „Koffino“.



Фиг. 12.
Мельница „Grindle Multistage Pulverizer“.

Ограниченная производительность ударных мельниц до сих пор сокращает их распространение, несмотря на сравнительную дешевизну, малые размеры и незначительный в общем расход энергии на 1 тонну

¹⁾ Power 1926 г. 30 марта, стр. 505.

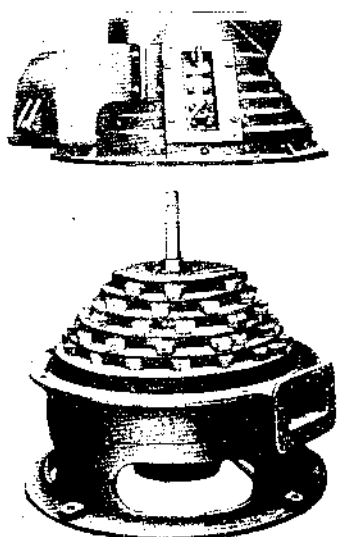
²⁾ См. статью „Тепловая досухка торфа“.

Таблица VII.

Технические данные фирмы „Крупп“ для мельниц „Koffino“.

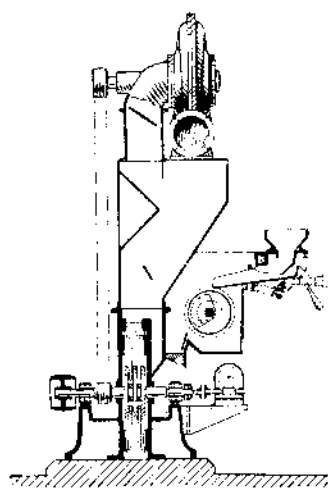
Производительность тонн/час.	Вес мельницы тонн.	Мощность мотора л. с.	Число оборотов.
1—1,5	1,9	20	} до 2900 об./мин.
2—2,5	3,2	35	

размолотого угля. Мельницы эти нашли применение преимущественно в установках с «индивидуальным» размолом при каждом котле. Их большое преимущество — возможность установки без особых затруднений в уже оборудованных котельных, которые переводятся на пылевидное топливо. Малая чувствительность к влажности делает возможным сжигать при некоторых из них обычные каменные угли без предварительной подсушки с влажностью до 15%.



Фиг. 12-а.

Внутренний вид мельницы „Grindle Multistage Pulverizer“.



Фиг. 13.

Мельница „Koffino“.

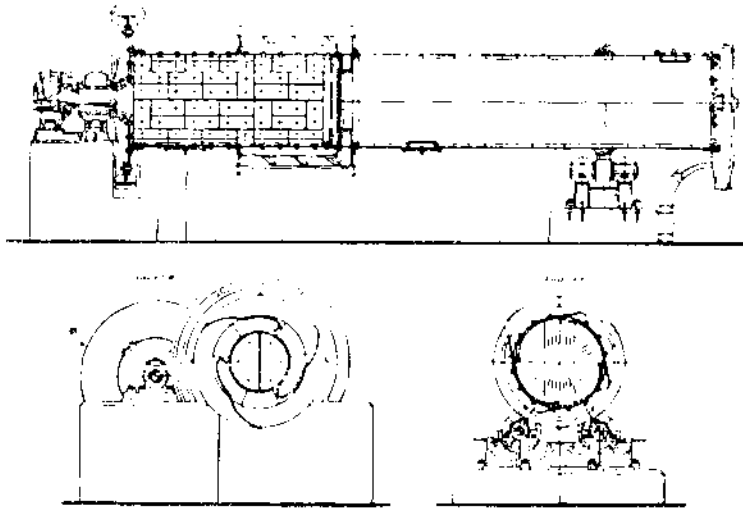
Однако, не следует переоценивать преимуществ последнего обстоятельства: с ростом влажности падает производительность мельницы и растет расход энергии на 1 тонну. По данным фирмы «La Combustion rationnelle», работа мельниц этой фирмы в зависимости от влажности угля характеризуется следующей таблицей:

Таблица VIII.

Влажность в %.	Производительность тонн/час.	Расход энергии в квч. на 1 т.
5	3	16,3
6	3	17,9
7	3	19,6
8	3	22
9	2,6	25,4

Кроме того, мельницы, в которых воздух служит не только для высасывания пыли, но и для транспорта ее в точку, дающей пыль постоянной тонкости, в зависимости от режима в точке и скорости воздуха в мельнице.

Helbig, высказываясь против применения индивидуального размола, отметил еще, что мельницы, работающие только на ударе, никогда не дадут равномерной и достаточной тонкости пыли, которая требует еще перетирания этого древесного, отсутствующего в ударных мельницах. Еще один существенный недостаток, это — падение производительности вместе с износом. Тонкость пыли в мельницах «La Combustion rationnelle» от остатка в 34% на сите 200, по истечении 1.500 часов, падает до остатка в 40% на том же сите.



Фиг. 11.

Тихоходная цилиндрическая шаровая мельница (Verbiand-mühle).

Тихоходные мельницы

Тихоходные мельницы получили исключительное распространение в цементной промышленности. Громадные размеры, довольно высокая стоимость и значительный расход энергии превратили их преимущественно в область центральных станций. Однако, целый ряд преимуществ: возможность размельчить твердые угли до значительной тонкости, простота устройства и обслуживания, дешевый ремонт, неизменяющаяся производительность, большая надежность и малая чувствительность к попаданию крупных кусков или даже посторонних тел, в настоящее время открыли им доступ на электрические станции.

Первые мельницы этого типа «Verbiandmühlens» применялись одновременно и для размола и для дробления угля. В одной части цилиндра мельницы заключены стальные шары крупного диаметра, в другой он заполняется мелкими шарами, проволоочными спиралью или цилиндрическими стержнями.

Так как дробление угля при помощи падающих шаров уже сейчас не применяется и, как общее правило, производится только в

особых дробилках, то в дальнейшем подвергнута рассмотрению только вторая часть мельницы, служащая специально для размола (имеют место удары и перетирание).

Размол происходит на чрезвычайно большой поверхности, чем и достигается значительная тонкость пыли. Очень часто эти мельницы окружаются ситом, сквозь которое проходит только готовая пыль (Polisius), — в других (Volpott) производится отсеб готовой пыли при помощи вентиляторов.

Таблица IX.

Технические данные для цилиндрических шаровых мельниц.

Ф и р м а.	Размеры.		Вес мельницы с шарами тонн.	Число оборотов барабана в мин.	Мощн. мотора л. с.	Производительность тонн час.
	Диаметр. мм.	Длина мм.				
Sied von Griebel	1150	8200	30	32 1/2	65	1,2
"	1300	8200	38	28	80	1,5
"	1500	8200	47	27	125	2,5
"	1650	8200	52	25	160	3,2
"	1800	8200	61	24	200	4,0
"	1800	10000	71	21	250	5,0
"	2000	11000	80	22,5	310	6,3

По данным Helbig, расход энергии в квч. на 1 тонну высушенного до 15% бурого угля в шаровых мельницах составляет:

Таблица X.

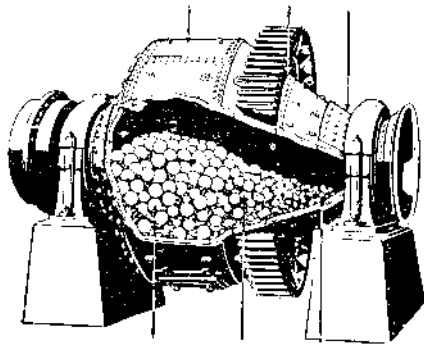
Ф и р м а.	Остаток на сите 4900 в "%			
	10	15	20	30
Fellnegg Ziegler	29	—	21	14
Krupp	30	—	25	21
Löhnerl	38	—	29	—
Polysius	32	—	23	—

Вес и размеры шаров, необходимые для успешной работы, зависят от свойств размалываемого топлива. Размер шара должен быть достаточен для того, чтобы разбить самый твердый и крупный кусок топлива. Наиболее выгодный общий вес шаров составляет около 40% часовой производительности мельницы. Число ударов и работа каждого шара определяют собой производительность мельницы. Малые шары дают большую производительность и более однородную пыль. По данным Davis с шаровой мельницей (диаметр — 8 фут., число оборотов в минуту — 22, вес шаров 2" — 28.000 lb.), получалось около 1.000.000 ударов в минуту.

В мельнице «Hardinge» (фиг. 15) происходит автоматическое распределение шаров разных диаметров, благодаря действию корпуса;

*) Rühl „Zerkleinerung von Brennstoffen“.

более крупные шары всегда откатываются к его основанию. По мере приближения к выходу уменьшается ударное действие и увеличивается растирание. Подобно распределению шаров, происходит до известной степени отделение более крупных кусков топлива от мелких.



Фиг. 15.
Коническая шаровая мельница
Hardinge.

Размалывающим материалом в этих мельницах служат стальные шары, пружины и камни. В двух первых случаях, мельница изнутри облицовывается стальными или чугунными обкладками (фиг. 15-а), во втором обкладка из камня.

Фирма Raymond дает следующие шифры для шаровых мельниц Hardinge.

Таблица XI.

Размеры мельничного конуса мм.	Габаритные размеры, в мм.	Вес в тоннах.			Мощность мотора в л. с.	Пронз. г.ч. при остатках.			
		Мельница.	Обкладка, кв.	Шары		40 8	40 8	15,65	8 20
609 · 203	911 · 1524	0,31	0,17	0,27	2	0,25	0,125	0,16	0,1
911 · 203	1524 · 2133	1,75	0,63	0,46	7,5	0,66	0,33	0,33	0,2
1371 · 406	2133 · 3048	3	2,2	2,0	25	2	1	1,3	0,7
1524 · 558	2743 · 3048	4,6	3,6	3,5	35	3	2	2,5	1,5
1828 · 558	3048 · 3352	6,5	4,5	5,5	50	6	4	5	3
2133 · 558	3352 · 3657	6,3	6,5	9,0	75	10	7	8	5
2133 · 914	3352 · 3962	6,8	7,5	13,0	100	12	8	9,5	6
2438 · 558	3657 · 4266	9,3	8,0	11,0	100	14	9,5	11	6,5
2438 · 914	3657 · 4266	10,0	9,0	16,0	150	18	11	16	11
2438 · 1219	3657 · 4571	12,5	10,0	17,0	175	24	19	21	15
3048 · 1219	3962 · 4876	18,0	16,0	31,0	350	45	35	38	25

Преимущества конических мельниц:

- а) Экономия энергии.
- б) Большое использование живой силы ударов.
- в) Большая производительность и меньшие размеры.
- г) Возможность регулировать тонкость помола прибавлением крупных или мелких шаров.
- д) Значительная равномерность помола.

Мельницы эти могут работать, как с ситами, через которые пропускается вся получаемая пыль, так и с вентиляторами, отсасывающими пыль через специальные сепараторы крупных кусков.

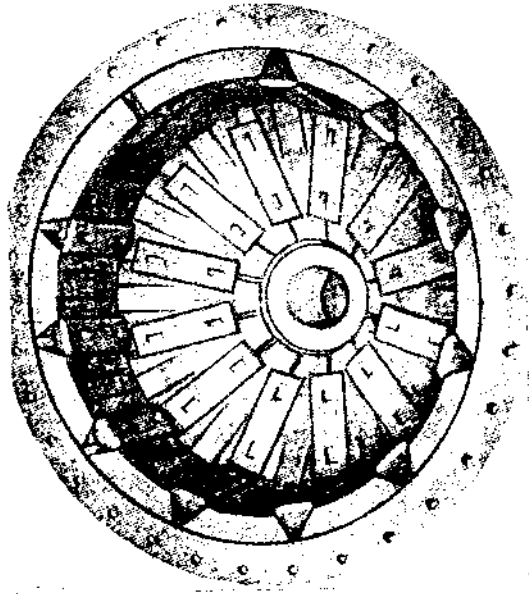
Harvey дает следующие расходы энергии для мельниц Hardinge:

- а) При работе с ситами и элеватором около 12 квт. на тонну.
- б) При воздушном сепараторе около 18,5 квт/тонна.

Заканчивая краткий обзор мельничных устройств, следует отметить, что, помимо разделения мельниц на категории и типы, в зависимости от способа размола, можно было бы разделить их на 2 группы, в зависимости от способа сортировки и отделения пыли:

а) Мельница с воздушным отсосом пыли. Сюда относятся большинство вальцовых и ударных мельниц, некоторые мельницы „Fuller'a“, мельницы „Bonnot“. Сюда же может быть отнесена и мельница Hardinge.

б) Мельницы с ситами: старый тип горизонтальных трехвальцовых кольцевых мельниц, мельницы «Fuller'a», мельницы «Teutonia» и также мельницы «Hardinge», если они работают без вентиляторов.



Фиг. 15-а.
Внутренняя облицовка мельницы Hardinge.

II. Особенности размола торфа и свойства торфяной пыли.

Затруднения, связанные с размолотом торфа, проистекают не столько из физических, сколько из химических его свойств и главным образом из-за подверженности торфяной пыли взрывам.

Условия, благоприятствующие взрыву пылевидного топлива, выяснены мало, ввиду сложности вопроса, при разрешении которого нужно считаться с законами химическими, механическими и термическими. Основное условие взрыва — наличие облака пыли с возможно равномерно распределенными пылинками. Если эта пыль воспламенится, то горение может происходить одновременно во многих (в пределе во всех) точках смеси: спокойная поверхностная реакция — горение — здесь при благоприятных условиях легко может перейти в объемную — взрыв.

Главные факторы, определяющие собой силу и возможность взрыва по опытам Steinbrecher'a¹⁾, составляют:

1) Концентрация облака. С появлением горючей пыли в чистом воздухе способность к взрыву начинает появляться при некоторой определенной концентрации облака и далее возрастает с усилением этой концентрации до некоторого максимума. (При абсолютно сухой, очень тонкой бурогоугольной пыли, этот максимум был при 600 гр./м³). С дальнейшим увеличением концентрации, способность

Взрывчатая
способность
торфяной
пыли.

¹⁾ Braunkohle 1925. Steinbrecher. „Explosionsversuche mit Braunkohlenstaub“.

смеси к взрыву падает, и уже при содержании 1.300 гр./м³ никакого взрыва или воспламенения не получается. Границы взрывчатости бурогоугольной пыли, проходящей через сито 11.000 отверстий/см², по опытам Steinbrecher'a, 300 — 1.500 граммов на м³.

2) Тонкость помола. С увеличением тонкости возрастает интенсивность теплопередачи и увеличивается подвижность частиц в воздушной среде, благоприятствующая распространению взрыва. При наличии пыли из коагулированного гидроторфа, способность ее адсорбировать кислород из воздуха значительно больше, чем у обычной торфяной пыли. Следовательно, опасность взрыва при коагулированном торфе еще выше, чем при некоагулированном.

С возрастанием тонкости, пределы взрывчатости бурогоугольной пыли по опытам Steinbrecher'a раздвигались:

при остатке 4	(5800)	. . . . .	нижний предел ¹⁾	1407	гр. м ³ .
"	"	3	(7000)	. . . . .	" " 1050 "
"	"	9	(9150)	. . . . .	" " 740 "
"	"	15	(11000)	. . . . .	" " 508 "
"	проходе 67%	через сито 11000	"	"	370 "

3) Влажность пыли или окружающего воздуха уменьшает опасность взрыва. Разбрызгивание воды в облаке пыли или наличие водяного тумана приводят, с одной стороны, к охлаждению среды, с другой — к выделению из нее отдельных частиц. Отсюда, пониженная опасность от взрыва пыли в сушильных газах при полной нагрузке сушилки и полном насыщении выходящих из нее газов.

Полагают (Steinbrecher), что гигроскопическая влажность имеет второстепенное значение, так как опыты с бурогоугольной пылью не констатируют разницы в способности взрываться в пределах 8—16%. Известны взрывы бурогоугольной пыли при влажности в 39%. В практике Гидроторфа происходили взрывы пыли при влажности около 20%.

Установить пределы влажности, при которой опасность от взрыва отсутствует, очень трудно, так как играет большую роль температура и размеры источника воспламенения.

4) Температура и размеры источника воспламенения:

Облако пыли может взорваться от попадания в него пламени, электрической искры или взрывчатых веществ. Опыты Steinbrecher показали, что повышение температуры воспламеняющего источника повышает нижний предел взрывчатости, который составляет для разных источников воспламенения следующие цифры:

200 гр. аммония	. . . . .	130	гр. м ³ .
Открытый костер из дров	. . . . .	450	гр. м ³ .
Индукционная искра, длиной в 3 см.	. . . . .	740	гр. м ³ .
Вольтова дуга	. . . . .	75	гр. м ³ .

(Последняя цифра относится к сахарной пыли).

¹⁾ Т. е. минимальная концентрация облака, при которой возможен взрыв.

Если произвести те же опыты с 100 гр. аммонита или с искрой в 1 см.—взрыв не наступает.

При равномерном распределении пыли в воздухе, при тождестве ее в 0 (4.900), расстояние между пылинками должно быть примерно в 18 раз больше их размеров, — при чем пыль занимает только 0,014% всех расстояний между пылинками. При таком составе взрыв невозможен и, если происходит горение, то оно протекает, как поверхностная реакция и требует для своего завершения определенного времени.

Но, если отношение объема, занимаемого воздухом и пылью (в предыдущем случае оно было — 7.156⁴) уменьшится, то взрыв становится возможен. При начальном взрыве воздух должен быть сжат до ок. 5.000 атмосфер и тогда волны его распространятся по окружающей среде.

5) Соотношение между размерами облака пыли. В зависимости от отношения между сечением и длиной облака, способность его взрываться меняется. В объеме с малым поперечным сечением пределы взрывчатой способности ниже. В таких объемах чаще всего возникают взрывы. Отсюда вытекает, что помещения, где неизбежно выделение пыли, следует делать всегда обширных размеров.

6) Элементарный состав пыли:

а) Зольность повышает взрывчатую способность, так как она уменьшает горючесть частиц и в тех случаях, когда зола окутывает пылинку топлива, уменьшает передачу воспламенения от одной частицы к другой. Борьба со взрывами в рудниках ведется путем подмешивания к облаку рудничных газов мелкой пыли из каменной породы.

Обычная зольность топлива в пределах 8-20% на взрывчатую способность почти не влияет.

б) Содержание и состав летучих имеет первенствующее значение. По мнению Steinbrecher взрывчатая способность есть прямая функция от содержания летучих. Большое влияние оказывают содержание водорода и кислорода в топливе и соотношение между ними.

Торфяная пыль, характеризующаяся большим содержанием (65-70%) летучих при большом выходе битумов, гораздо опаснее в отношении взрывов, чем каменноугольная пыль. Особенно велика опасность взрыва, если под влиянием температуры торф уже начал выделять летучих, и таким образом взрыву будет подтверждено облако газа с равномерно распределенной пылью.

7) Среда, в которой находится облако пыли. Очевидно, что, в случае помещения облака пыли в атмосферу углекислоты или другого нейтрального газа, опасность от взрыва будет исключена. Такое исключение возможности взрыва, вероятно, имеет место и в атмосфере смеси воздуха и углекислоты, если содержание последней не выходит за пределы некоторого минимума.

⁴) Rosin. „Power“ от 10 января 1925 г.

Нельзя не признать необходимым, чтобы в ближайшем будущем химической лабораторией Гидроторфа были начаты опыты для всестороннего изучения взрывчатой способности торфяной пыли и факторов, определяющих собой силу взрыва. Сложность и дороговизна опытов не должны останавливать начала этой необходимой работы.

Выбор мельницы в зависимости от опасности взрыва.

Вопрос о том, может ли работа мельницы послужить источником взрыва, обсуждается в печати давно, при чем мнения по этому вопросу далеко не единодушны. Harvey считает, что такая опасность существует. Helbig утверждает¹⁾, что образование искры внутри мельницы не может вызвать взрыва, так как для воспламенения облака угольной пыли нужна довольно высокая температура.

Практика Гидроторфа, подтвержденная авариями на заводе искусственного обезвоживания торфа Demag-Madruck в Баварии, вполне определенно установила, что взрыв торфяной пыли вследствие образования искры в мельнице, при наличии среды, в которой он мог бы распространиться, возможен вполне.

Установка Гидроторфа, в которой происходили взрывы торфяной пыли, работала по следующей схеме:

Из мельницы «Teutonia», дававшей пыль с остатком 40 (2.500), помол высасывается особым вентилятором, который вместе с воздухом нагнетает ее в стоящий на открытом воздухе циклон (фиг. 16). Из циклона пыль проваливается в бункер, а выходящий воздух при помощи особого обратного воздухопровода возвращается частично к мельничному вентилятору.

Имели место 4 взрыва. Два первые взрыва были крайне незначительны. Обычно взрыву предшествовал грохот в мельнице, сопровождающийся попаданием в нее твердых предметов. Всякий раз после ликвидации аварии, внутри мельницы были обнаруживаемы мелкие куски железа, случайно неотделенные электромагнитом.

В одном из случаев, мельницу и вентилятор удалось остановить раньше, чем произошел взрыв, при чем было обнаружено, что пылепровод от мельницы к вентилятору покрыт слоем пыли. Местами слой этот переходил в пламя. Вероятно в других случаях пламя или воша взрыва из мельницы через пылепровод достигали циклона. Один раз, когда расположенный внизу бункер был почти пуст, взрыв в циклоне повлек за собой взрыв и в бункере.

Один случай взрыва (21 августа 1925 г.) циклона был особенно сильным: циклон был разорван на 2 части, при чем одна часть его была отброшена на расстояние около 20 метров. Продолжавшая сыпаться в циклон из пылепровода пыль загоралась на лету и окутывала циклон и бункер пламенем. Несмотря на это, в бункере пыли никакого взрыва не было, так как бункер был его наполнен доверху. На фиг. 15 показан фотосрефический снимок циклона после взрыва (разбитые стекла в длинных окнах — следствие взрыва).

¹⁾ Helbig, Versuchsb. 1924 г., стр. 73

Через 3 месяца после последнего в установке Гидрогорфа взрыва, произошли три взрыва торфяной пыли на заводе искусственного обезвоживания торфа в Seeshaupt (Бавария). Взрыв произошел также в мельнице «Teutonia».

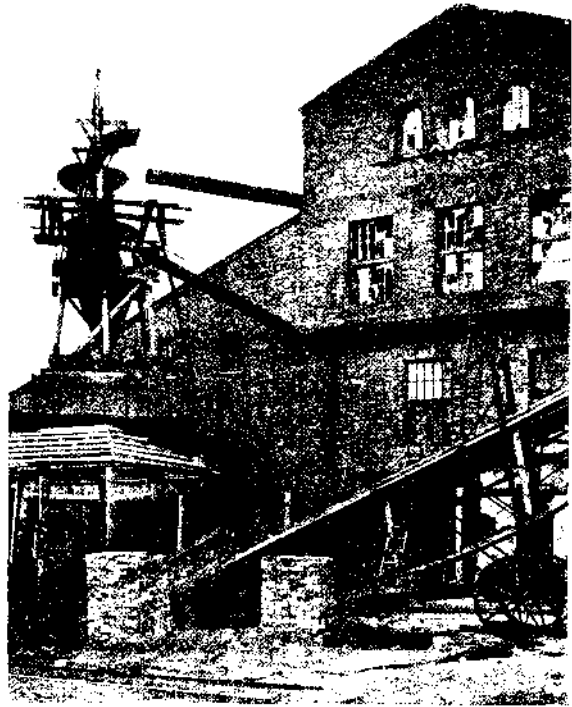
Мы считаем установленным, что образование искры внутри мельницы может повлечь за собой воспламенение торфяной пыли и взрыв ее, если на лицо имеется среда, по которой этот взрыв может распространиться. Все мельницы, применяющие воздух для отсоса пыли, с этой точки зрения неприменимы для размол торфа. Замена воздуха нейтральным газом (углекислотой) могла бы сделать применение подобных мельниц для торфа возможным, но отсутствие опыта в этом отношении и затраты на получение газа вряд ли позволяют пока надеяться на успех в этом направлении, по крайней мере в централизованных установках.

Применить эту же мельницу «Teutonia» без отсоса воздуха также нельзя, так как она сама по себе является как бы вентилятором и нагнетает в зависимости от размера сетки до 1000 м³ воздуха в час.

С точки зрения опасности для взрыва мало пригодны и мельницы Fuller'a, так как все они работают с вентилятором для выбрасывания пыли.

Можно ждать, что наиболее приемлемыми для размол торфа в смысле безопасности явятся копилесские мельницы Hardinge». При этом они дают настолько равномерный помол, что, вероятно, при склигании торфяной пыли не понадобится прибегать к каким-либо отсеивающим устройствам.

Так торф будет поступать в эти мельницы уже после выхода из дробилки, то мельница может быть заменена шаром малого диаметра. Уменьшение размеров шаров до диаметра в 50 мм. и меньше, по мнению Heßig, с которым автор настоящей статьи имел беседу,



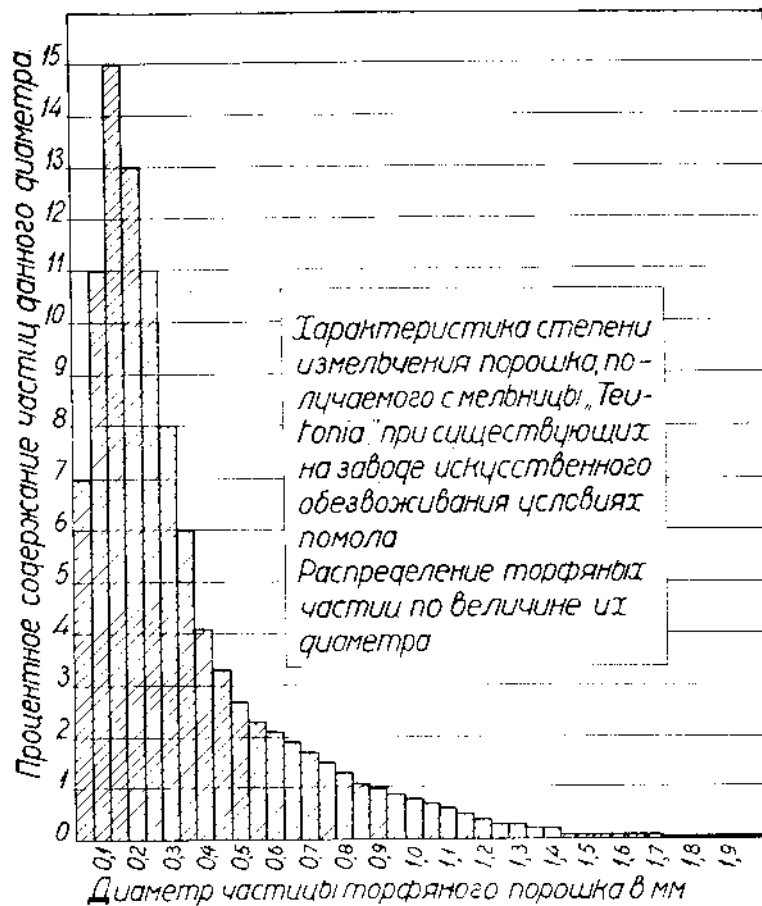
Фиг. 16.

Циклон для отделения пыли при заводе обезвоживания гидроторфа после взрыва. (1925 г.)

должно устранить опасность искрообразования при ударе шаров друг о друга.

Интересно испытать размол торфа в этих мельницах при замене шаров камнями или каким-либо другим материалом.

В недалеком будущем на заводе Гидроторфа начнутся опыты с размолом торфа в мельницах Hardinge. В случае удовлетворительных результатов эти мельницы могут быть применимы главным образом в



Фиг. 16а.

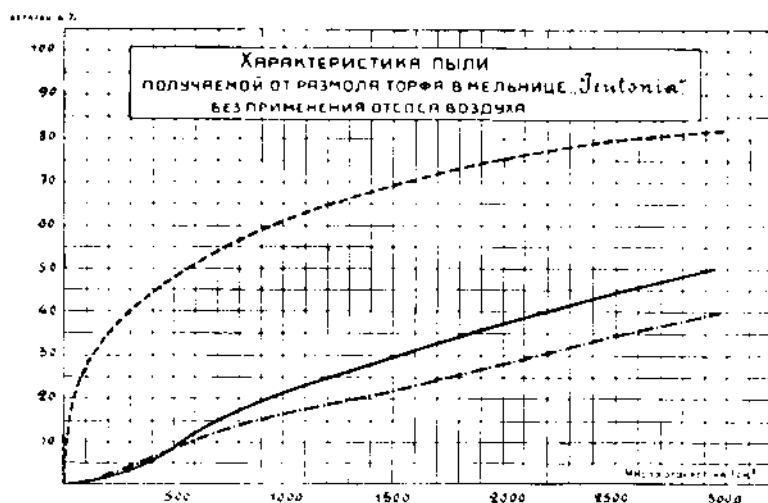
Характеристика пыли с мельницы „Тевтония“ при работе с ситом в 2 отверстия см². установках с централизованным размолом торфа и на заводах искусственного обезвоживания, где требуется производство торфяного порошка для опылнения сырого торфа перед отжимом.

Другим источником для образования взрыва в мельницах могло бы служить повышение температуры в них при продолжительной работе. Если принять, что расход электрической энергии на 1 тонну размолотого торфа составляет даже 30 квч на тонну и коэффициент полезного действия мельницы = 0,6 и если энергия эта превратится в теплоту полностью, то при размоле 1 тонны торфа будет выделяться около 16.000 кал. При удельной теплоте торфа = 0,4, повышение температуры

внутри мельницы будет 40°C. Таким образом, если торф поступает для размола с температурой выхода из сушилок (70°C), то и в этом случае опасности воспламенения нет.

Как размалываемый материал, торф имеет несколько неприятных особенностей, главная из которых заключается в его неоднородности. Обычно прошедший через сушилку торф распадается на землистую часть, представляющую собой торф в собственном смысле слова, и мелкие куски древесных остатков. Поскольку первая часть легко может быть раздроблена и ударом и перетиранием, настолько вторая с трудом подвергается обработке. Она и является одной из главных причин большого расхода энергии при размоле торфа.

Возможность размола торфа в мельницах Hardinge с точки зрения механической работы.



Фиг. 16-б.

- · — · — · — Влажность торфа 23,4%. Расход энергии на размол при производительности мельницы 1,7 т/час — 23,8 квт/т, на мельнице установлена крупная сетка с 2 отверстиями на 1 см².
- — — — — Влажность торфа 18,8%. Расход энергии на размол при производительности в 0,75 т/час — 32 квт/т, и при производительности 0,5 т/час — 40 квт/т, на мельнице установлена мелкая сетка с 16 отверстиями на 1 см².
- · — · — · — Влажность торфа 10%. Расход энергии на размол — 43 квт/т, при производительности в 0,75 т/час и 44 квт/т, при производительности 0,5 т/час (на мельнице установлена мелкая сетка с 16 отверстиями на 1 см²).

Кривые (фиг. 16-б), относятся к работе мельницы «Teutonia» без применения воздушного отсева. При этом, как тонкость пыли, так и расход энергии были очень далеки от аналогичных цифр при размоле угля.

С применением воздушного отсева производительность мельницы «Teutonia» при размоле торфа возрастала с 0,7 тонн до 2 тонн в час, а расход энергии падал с 32 до 20 квт. тонны.

Отделение древесных остатков путем отсеивания их, вообще говоря, возможно, и тогда расход энергии на размол торфа должен

понизиться. Однако, эта операция, требующая затрат на дополнительное оборудование, может оказаться излишней, если принять во внимание, что размол торфа в ударных мельницах «Teutonia» и «Koffino» производится удовлетворительно, при чем в помоле не оставалось ни волокон, ни кусочков дерева. Поэтому, правильно было бы предварительно испытать работу мельницы Hardinge без особых приспособлений для отсева дерева, применив для размола по возможности самый различный материал (стальные шары, камни, твердые стальные стружки и т. п.).

Вопрос о
влажности
торфа при
размоле.

В статье «Тепловая досушка торфа» было отмечено, что обычно принимаемая для размола влажность торфа составляет 15%.

Повидимому, установление этой влажности имело в виду использовать полученный после сушки торф одновременно и для брикетирования и для размола. В этом случае, в мельницу поступает уже охлажденный (до 30—40° Ц) торф. Во время размола охлаждение приостанавливается, благодаря выделению теплоты при размоле. Так как состояние гикроскопического насыщения при таких температурах лежит при влажности ниже 15%, то в мельнице и особенно в воздухопроводах возможно дальнейшее испарение влаги. Оно иногда достигает значительных цифр (в мельнице Раймонда: 6—8%).

В настоящее время существует стремление использовать это интенсивное выделение паров из нагретой пыли, взвешенной в воздушной среде, для целей сушки (Mahl-trocknung).

Делаются попытки¹⁾ размол бурого угля с влажностью в 55%, причем для подогрева мельницы и полученной пыли применяются газы с температурой в 600° Ц; эти газы получают из особого котла («Anzapfkessel») от различных «ступеней температуры».

Аналогичные опыты по испытанию подобной «мельницы-сушилки» для торфа в недалеком будущем будут произведены на заводе Гидроторфа.

Впредь до выяснения результатов этих опытов придется считаться с необходимостью высушивать торф в обычных сушилках, на пылезаготовительных станциях, а потому влажность торфа перед размолом должна быть значительно понижена.

При этом расход энергии на размол сократится, выделение паров в воздухопроводе исчезнет, но зато возникает вопрос о поглощении торфяной пылью влаги из воздуха. В мельнице, где отношение открытой для испарения наружной поверхности пыли к ее весу невелико, такая опасность отсутствует. В мельницах с воздушным отделением пыли, где постоянно удаляется и заменяется свежим обычно ок. 20% всего количества циркулирующего воздуха, она невелика. Rosin исчисляет возможность обратного поглощения влаги пылью в воздухопроводах и циклонах—не более 2%.

Хранение
торфяной
пыли.

Выше было отмечено, что с точки зрения взрыва, хранение больших количеств пыли в бункерах совершенно безопасно. Необходимо

¹⁾ Rosin. „Die Praxis der Braunkohlenstaub-Feuerung“. 1926.

лишь, чтобы бункер был по возможности всегда заполнен пылью и чтобы он был по возможности воздухопроницаем. Желательно иметь постоянное разрежение внутри бункера.

С точки зрения пожара, хранение пыли мало опасно. Загораться начнет только верхний слой ее, при чем в виду малого количества воздуха, он будет не гореть, а довольно слабо тлеть. Борьба с таким явлением прежде всего должна вестись в сторону полного устранения всякой возможности попадания в бункер искр или тлеющих предметов. Кроме того, обычно, процесс горения идет настолько медленно, что всегда есть возможность спокойно опорожнить бункер и только после этого пускать в ход воду для тушения пожара.

Другое явление, с которым приходится очень сильно считаться при эксплуатации установок на пылевидном топливе, — это слеживание пыли и застревание ее в бункерах. Явление это сказывается тем сильнее, чем больше влажность пыли, которая как бы смачивает наружную поверхность и увеличивает сцепление между отдельными пылинками.

Мы можем констатировать, что при влажности торфяной пыли свыше 25%, опорожнение бункеров с крутыми стенками всегда происходит крайне неравномерно: торф в бункере застревает, иногда обрушиваясь крупными хлопьями, что вызывает закупоривание подающих шнеков.

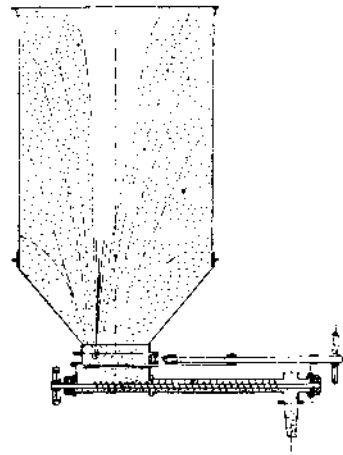
При влажности меньше 20% такое явление отсутствует.

Бункера должны иметь, по возможности, вертикальные стенки: выяснено, что пыль движется только по уклону мало отличающемуся от 90°. На фиг. 17 показано, каким образом происходит опорожнение бункеров угольной пыли.

Застревание пыли в бункерах прямоугольной формы происходит в значительно большей степени, чем в бункерах с круглым сечением. Последняя форма, поэтому, и должна считаться нормальной для установок, работающих на пылевидном топливе.

Вместе с увеличением продолжительности лежания пыли в бункере, явления слеживания усиливаются. При влажности торфяной пыли в 15% и пребывании ее в бункере 4—5 суток слеживаются только нижние слои пыли, а потому затруднения вызывает лишь начальный период опорожнения бункера (около $\frac{1}{4}$ часа), после чего устанавливается совершенно спокойная работа подающих шнеков.

Увлажнения торфяной пыли от продолжительного пребывания в бункере, установленном на открытом воздухе, под крышей, совершенно не замечается. Слегка увлажняется только верхний слой толщиной в 1—1½ см.



Фиг. 17.

Описанные затруднения с хранением пыли легко могут быть преодолены, с одной стороны, выбором надлежащей конструкции бункера и принятием мер для того, чтобы он как можно реже оставался незаполненным, с другой, — установлением таких размеров бункера, при которых запас пыли не превышал $1\frac{1}{2}$ —2 суточного, что, с точки зрения слеживания пыли, можно допустить совершенно спокойно.

Между тем, наличие запасов пыли в котельной крайне желательно, так как этим достигается независимость работы котлов от функционирования пылезаготовительной станции. Hellwig рекомендует делать бункера для пыли таких размеров, чтобы пылезаготовительная станция могла прекращать работу на воскресный день (т.е. с запасом около 48 часов).

III. Транспорт торфяной пыли.

Основные требования, которые должны быть предъявлены к транспортным устройствам для торфяной пыли, сводится к следующим:

1) Должна быть исключена всякая возможность случайного попадания в транспортные устройства искр или пламени.

2) Концентрация пыли, взвешенной в воздухе в транспортных устройствах, должна выходить за пределы взрывчатой способности пылевоздушной смеси.

3) Поверхность соприкосновения пыли с воздухом должна быть минимальной.

С этой точки зрения и произведем нижеприводимый краткий обзор существующих способов транспорта.

Элеваторы.

1) Э л е в а т о р ы, несмотря на частое применение, вообще говоря, в данном случае мало пригодны. Благодаря постоянному разбрасыванию пыли ковшами, весь воздух внутри элеватора насыщается ею, пыль неизбежно выделяется в помещение, несмотря на тщательные уплотнения. Умножить пылевыделение можно только путем приключения элеватора к трубопроводам внутреннего обеспыливания (Innenstaubung).

Транспортные ленты.

2) Т р а н с п о р т н ы е л е н т ы в открытом виде, конечно совсем не пригодны для пыли. В закрытом виде с устройством Innenentstaubung (внутреннего обеспыливания) их эксплуатировать неудобно, так как в этом случае, вращающиеся части будут загрязняться пылью и будут мало доступны для частого осмотра.

Шнеки.

3) Ш н е к и — один из самых простых, надежных и требующих незначительного ухода способов транспортирования пыли. Они строятся на довольно значительную длину (в десятки метров).

Из недостатков шнекового транспорта отметим:

а) Возможность транспортирования пыли только по прямолинейному направлению.

б) Возможность образования искр, в случае задевания вращающихся лопастей о коробку, что может иметь место при прогибе валов или проседания их в подшипниках. Подобные явления бывают причиной нередких пожаров в шнеках на фабриках бурого угольных брикетов.

Борьба с подобным искрообразованием может вестись путем замены железных листов, из которых делается шнековая коробка — цинковыми или латуниными. Опыты Гидроторфа подтвердили, что при трении железа о цинк или латунь, искр не получается; при трении его о железо или медь — искрение очень значительное.

в) Неудовлетворительная работа шнеков при установке их под углом свыше 30—40° к горизонтالي.

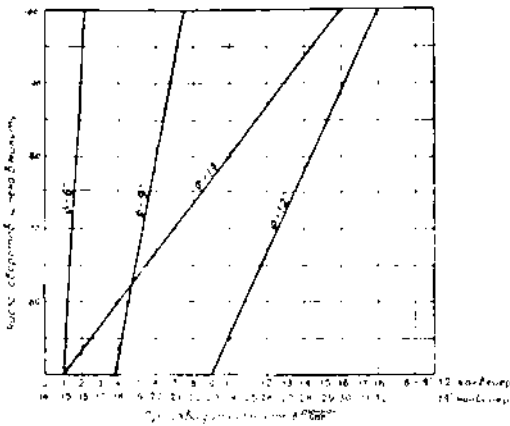
г) Возможность забивания, в случае конденсации паров воды, на стенках изнутри.

д) значительный расход энергии на холостой ход.

Расход энергии на транспортирование зависит от конструкции шнека. Иногда считают расход на 100 тонн метров равным 1 л. с.

Ниже приводится диаграмма производительности шнековых конвейеров в зависимости от диаметра шнека и числа оборотов (фиг. 18).

Производительность шнековых конвейеров при разных числах оборотов.



Фиг. 18.

Финной пыли из мельницы «Тетовина» применяется на заводе искусственного обезжиривания Гидроторфа и дал определенно отрицательные результаты.

Главные недостатки транспорта пыли в воздушной струе от вентиляторов сводятся к следующим:

а) Большой расход воздуха: для транспортирования 1 кгр. пыли нужно 2,5—5 м³.

б) Неудачная концентрация пыли в воздушной струе: при содержании 200—400 гр. они не выходят за пределы, при которых вероятность взрыва исключается.

в) Большие потери тяги и связанный с этим значительный расход энергии при транспорте на большие расстояния, вследствие необходимости иметь в пылепроводах скорость не меньше 25 метр сек., так как

г) См. ниже.

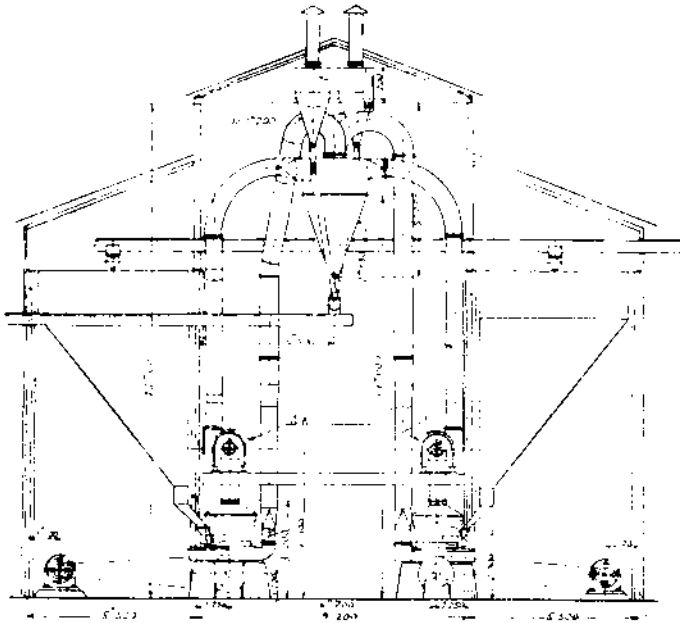
Шнеки применяются не только для транспортирования пыли от мельниц или от циклонов к бункерам. Они под названием «питателей» применяются для дозировки и подачи пыли непосредственно для сжигания¹⁾.

4) Транспортирование в струе воздуха от вентиляторов. Самый простой случай такого транспорта применяется для высасывания пыли из мельниц и последующего отделения от воздуха в циклонах; он уже описан. Такой способ транспортирования тор-

Системы воздушного транспорта: а) низкое давление.

иначе происходит осаждение пыли из воздушной струи внутри пылепроводов.

г) При влажности торфа ниже состояния гигроскопического насыщения, создаются максимально благоприятные условия для поглощения влаги. С одной стороны, наружная поверхность пыльников почти полностью омывается воздухом, с другой стороны, благодаря значительной скорости их передвижения в воздухе, увеличивается скорость поглощения из него влаги.



Фиг. 19.

Транспорт пыли при помощи вентиляторов из мельницы Раймонда.

вопроса не решает, так как выделение все-таки в этом случае не прекращается, а устройство отдельных фильтров для пыли будет стоить дорого.

Несмотря на перечисленные серьезные недостатки, система транспорта с вентиляторным дутьем получила большое распространение в Америке, в течение первого периода эксплуатации установок на пылевидном топливе.

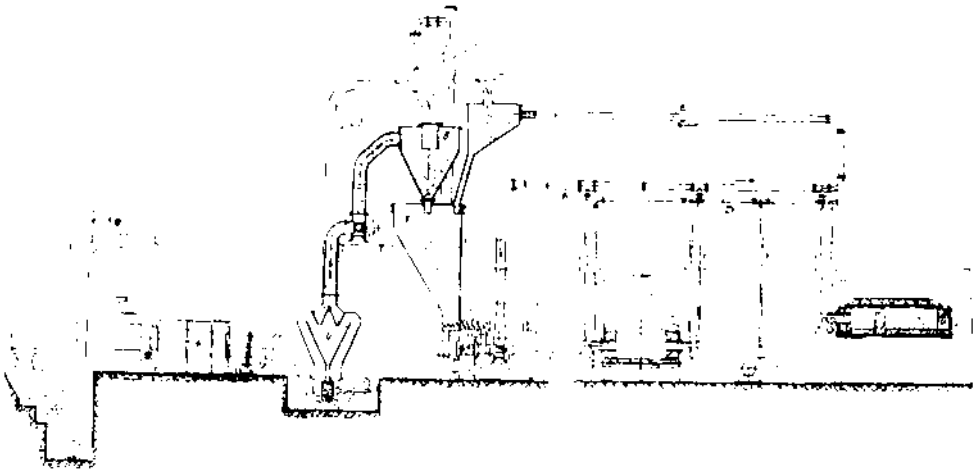
Были сделаны попытки применять ее не только для транспорта пыли от мельниц к общему бункеру, но и от сборного бункера к нескольким точкам одновременно. Системы «Hofbeck-Vollhof», «Bergmann», «Covert» пытались разрешить задачу одновременной подачи пыли к нескольким котлам или нагревательным печам.

Система Hofbeck, несомненно, не принадлежит к числу удачных:

а) Неправильное действие всех форсунок возможно только в том случае, если во всех точках кольцевого пылепровода смесь воздуха и пыли одинакова по своему составу. Фактически смесь эта не может

д) Необходимость применения циклонов для отделения пыли от воздуха в случае, если пыль должна поступить в бункера. При наличии тонкой пыли, циклон особенно плохо исполняет свое назначение: из него будет выделяться в атмосферу значительное количество пылевоздушной смеси. Имевшийся на заводе обезвоживающий циклон для аналогичной цели всегда отличался значительным пылевыделением. Применение

быть однородной; в местах ответвлений и поворотов, всегда за счет действия центробежной силы, будут выбрасываться из струи крупные частицы пыли, которые попадут к наиболее отдаленным пунктам потребления.



Фиг. 20.

Система „Hoffbeck-Vorpost“.

- | | |
|--|--|
| 1. Дробилка. | 15. Центральный вентилятор |
| 2. Магнитный отделитель. | 16. Распределительный пылепровод. |
| 3. Бункер для сырого угля. | 17. Ответвления. |
| 4. Сушилка. | 18. Форсунка. |
| 5. Мельница. | 19. Обратный пылепровод. |
| 6. Сепаратор крупных кусков пыли. | 20. Бункер для избыточной пыли. |
| 7. Вентилятор к нему. | 21. Обратный воздухопровод для выхода избыточного воздуха. |
| 8. Циклон. | 22. Воздухопровод для подвода свежего воздуха. |
| 9. Бункер для пыли. | 23. Обратный воздухопровод к мельнице. |
| 10. Подводящий шнек. | 24. Распределительный воздухопровод для вторичного воздуха |
| 11. Мотор к нему. | |
| 12. Электрический регулятор числа оборотов. | |
| 13. Конус для регулирования расхода воздуха. | |
| 14. Камера для | |

Ведение правильного режима в точках при системе Hoffbeck осуществить нельзя, так как в форсунки будет поступать пылевоздушная струя непостоянной концентрации.

б) Сравнительно малое давление воздуха у входа в точки, при котором не исключена возможность попадания обратного пламени внутрь пылепроводов.

в) Truesu отмечает, что при продолжительной работе в такой системе может произойти значительное нагревание пыли и даже начало возгонки ее и иметь следствием взрыв или пожар в пылепроводах.

г) Значительный расход энергии.

Перечисленных дефектов систем с вентиляторным дуем достаточно для того, чтобы считать их непригодными для транспорта пыли вообще и торфяной в особенности.

Применение простейших способов транспортирования пыли путем высасывания ее из мельницы и нагнетания к циклону на коротком пути свободно от большей части указанных дефектов и имеет своим

следствием повышение производительности мельниц, а потому для каменноугольной пыли применяется очень часто. При торфяных мельницах в установках с централизованным размолом высасывание пыли не должно иметь места, а потому применение воздушного транспорта из мельниц с вентиляторным дутьем при работе на торфе в этом случае должно быть исключено.

Транспорт торфяной пыли при помощи воздушной струи низкого давления может иметь место при подаче от питательных шнеков или из мельниц с индивидуальным размолом в точку при наличии коротких пылепроводов.

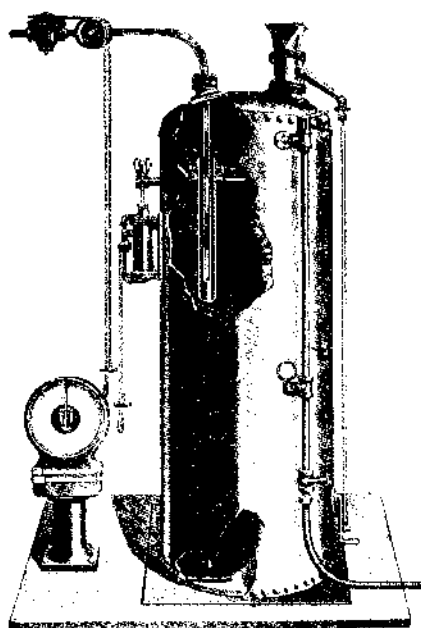
б) Высокого давления

5) Транспортирование при помощи компрессорного дутья, известное под именем систем Quigley, Abis Chalmers & C^o. и других.

Одной из главных составных частей этой системы являются особые резервуары для пыли, установленные на специальных весах (ф. 21).

Пыль поступает в резервуар в верхнюю воронку, которая после заполнения резервуара автоматически закрывается. После этого впускается сверху сжатый воздух, который находит выход через 2 вертикальные трубы, олущенные почти до дна резервуара; трубы помещены одна в другую. При своем движении воздух увлекает за собой пыль до почти полного опорожнения резервуара, после чего под действием привода от весов впуск сжатого воздуха останавливается и начинается новая засыпка пыли.

Наибольшее расстояние, на котором производится транспортирование пыли по способу Quigley, составляет до 1.400 метров.



Фиг. 21.
Резервуар для пыли в системе „Quigley“.

По данным Weibtreu (1922 г.), расход воздуха для транспорта одной тонны пыли составляет от 56 до 220 м³ на тонну пыли при давлении в 1- 3,5 атм. и от 45 до 35 м³ на тонну при давлении в 5 - 7 атмосфер.

Приведенные цифры расхода воздуха являются довольно значительными, а потому первые установки для транспорта пыли по способу Quigley работали с циклонами.

С первых шагов применения этой системы удалось констатировать возможность транспортировать пыль по этому способу на очень большие расстояния и по трубам с диаметром в 100 - 150 мм.

Наличие резервуара для пыли и порционная ее подача не являются необходимыми условиями для того, чтобы транспортировать пыль при помощи сжатого воздуха. Эжекционная труба — главная составная часть устройства — может быть поставлена в любом бункере, вагоне и т. п. и транспортирование пыли будет происходить с неменьшим успехом.

В последнее время Rosin произвел ряд опытов с транспортированием пыли при помощи сжатого воздуха, при чем расход его на 1 тонну при подаче в 15—20 тонн час был только 12—14 м³.

Фирма Orange дает следующие цифры, полученные ею при эксплуатации способа Quigley:

Таблица XII.

Длина пылепровода в метрах.	Расход воздуха в м ³ тонна.	Давление воздуха атм. раб.	Расход энергии на компрессор в квч тонна.
500	10,1	7	1,6
750	11,6	8	1,9
1000	13,9	9	2,26

Все эти данные показывают возможность транспортировать пыль с таким малым количеством воздуха, что опасность взрыва совершенно исключается.

Возможность поглощения пылью влаги из воздуха также очень мала.

Недостатки такого транспорта пыли: отсутствие непрерывной подачи пыли в пылепровод, возможность забивания пылепроводов и возможность слеживания пыли вокруг эжекционной трубы, вследствие чего может понадобиться специальное разрыхление при помощи вдвигания дополнительного количества воздуха.

Отсутствие уверенности в непрерывном и надежном функционировании транспорта пыли по данному способу заставляет относиться к применению его для торфяной пыли с большой осторожностью.

б) Транспортирование при помощи пылевых насосов (система Fuller-Kinuron).

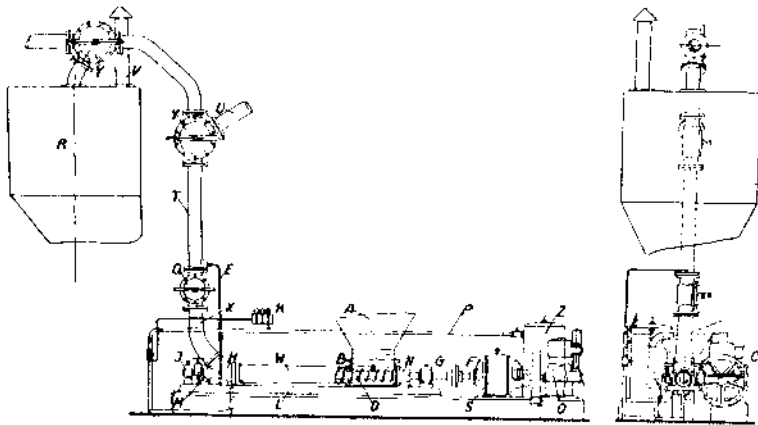
Схема расположения пылевого насоса «Kinuron» показана на фиг. 22.

Из бункера, в нижнюю часть которого, во избежание слеживания, может быть подведен сжатый воздух для разрыхления нижних слоев, пыль поступает в шнек, вращающийся с числом оборотов в 730—960 и подающий ее в небольшую смешивательную камеру, к которой приложено несколько воздушных сопел.

Воздух, смешиваясь с пылью, облегчает дальнейшее продвижение ее по трубам, так как уменьшает коэффициент трения пыли о внутренние стенки труб.

Этот способ, иногда неправильно называвшийся способом эмульсификации, не оправдывает такого названия, так как смесь воздуха и частиц твердого тела свойствами эмульсии, конечно, не обладает.

Роль шнека (или собственно насоса для пыли) сводится к тому, чтобы, с одной стороны, равномерно и непрерывно подавать пыль в камеру смешения ее с воздухом и, с другой, чтобы закрыть воздуху обратный доступ из сопла в бункер.



Фиг. 22.

Пылеподача сист. Кинупон.

- | | |
|---|--------------------------|
| А. Бункер для пыли. | О. Компрессор. |
| В. Впускное отверстие. | Р. Воздухопровод. |
| С. Задвижка. | Q. Поворотный шибер. |
| Д. Шнек насоса. | К. Бункер. |
| Е. Воздухопровод для продувания
линии. | Т. Пылепровод. |
| Н. Сопло. | У. Отдушина для воздуха. |
| | Z. Ресивер. |

Относительно роли шнека (или насоса) при транспорте по способу Кинупон мнения расходятся:

Первоначальный взгляд на роль шнека — пагнетать — похожую на жидкость смесь воздуха и пыли через пылепровод — сейчас не поддерживается.

Если принять, как указывает Dahlkee (Halle), что примерный расход воздуха при транспорте по способу Кинупон будет $7,5 \text{ м}^3$ на тонну пыли при 3,2 атм. абс., то окажется, что на 1 метр³ пыли придется около $8,7 \text{ м}^3$ воздуха. Шнек, очевидно, сообщает ускорение только $\frac{1}{16}$ части смеси, работа по сообщению ускорения остальной части смеси падает на компрессор. Шнек насоса Кинупон, таким образом, должен только вводить определенное количество пыли в камеру смешения и при этом преодолевать давление воздуха.

Скорость пыли и воздуха, вблизи смесительной камеры, почти одинакова. По мере приближения к выходу из трубы, скорость воздуха возрастает, скорость движения пылинок замедляется, и пыль для дальнейшего продвижения требует новых импульсов, в виде свежей воздушной струи.

Обычно скорость смеси у камеры смешения незначительна и составляет всего ок. 2 метров в секунду.

Расстояние, на которое может быть передана угольная пыль по способу Кинупон, по данным фирм AEG и Fuller, составляет 1.400 метров.

Диаметр пылепроводов: для производительности в 3 тонны пыли в час — 75 мм, и при производительности в 15 тонн в час — 125 мм.

Благодаря малой скорости в пылепроводах, трубы изнашиваются мало. Сравнительно больше они страдают в перегибах и коленях.

Для успешного транспортирования требуется тонкость пыли с остатками не более 20 (4.900) и 0 (900).

Влажность: для каменного угля не более 2%, для бурого не более 15 - 16%. Предельная влажность при транспорте торфяной пыли пока не установлена. Торфяная пыль с влажностью до 20% транспортируется вполне успешно.

Производившиеся автором статьи опыты по транспорту торфяной пыли установили полную возможность работы насоса Kinyon на пыли тонкости 40 (2.500) с расходом энергии около 3 квч./100 тонно-метров при расстоянии в 80 метров и диаметре труб — 125 мм.

Влажность воздуха и попадание масла из компрессора в торфяную пыль могут оказывать нежелательное влияние на транспорт пыли, вызывая закупорку труб и шнеков. Отсюда, желательность очистки воздуха от масла и воды перед входом в камеру смешения.

Промерзания пыли можно особенно не опасаться, так как во время транспорта температура стенок труб повышается примерно на 30—40°. Неприятные осложнения в зимнее время может вызвать осаждение влаги из насыщенного воздуха после компрессии.

Во избежание случайных закупорок в пылепроводах рекомендуется прокладывать параллельно главному пылепроводу еще специальный воздухопровод для продувания (диаметром ок. 1½") и через каждые 100—200 метров соединять его с главным пылепроводом.

Технические данные, характеризующие работу насосов «Кинион», приведены ниже (таблица XIII).

Хотя приведенные в таблице XIII цифры для транспорта по способу Kinyon хуже, чем цифры последних опытов фирмы Orange и Rosin с транспортированием по способу Quigley, однако система Kinyon пока пользуется предпочтением и приобретает все более широкое распространение, благодаря большей надежности.

Этот способ транспортирования, повидимому, может быть с успехом применен и для торфяной пыли.

Малые количества воздуха, возможность обойтись без циклонов, непрерывная подача пыли — все это такие преимущества, которые позволяют надеяться, что рассматриваемая система транспорта окажется вполне подходящей для торфяной пыли.

Применявшиеся иногда другие способы транспортирования пыли с сжатым воздухом (например, с насосом Pulco) здесь не рассматриваются, так как эти способы распространения не получили.

7) Транспортирование пыли в вагонах.

В Германии, за последнее время, все чаще и чаще высказывается взгляд на вероятную выгодность постройки крупных пылезаготови-

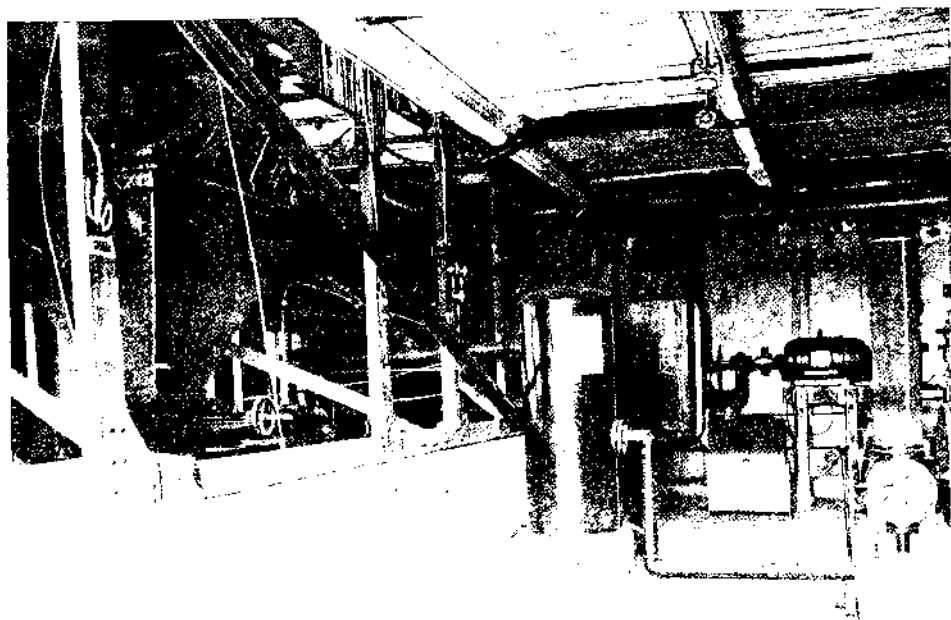
Вагоны для
пыли.

Данные для технической характеристики насосов
„Fuller-Kinyon“.

№ п.п.	Источник.	Расстояние для транспорта.	Расход воздуха на 1 т. пыли	Расход энергии на 1 т. пыли.	Производительность насоса.	Примечание.	
1	АEG Transport vorrichtungen für den Kohlenstaubf.	До 1000 мтр.	25 кгр.	0,5—1,5 квч. 1)	—	1) В зависимости от расстояния, на кот. передается пыль.	
2	АEG. Опытная установка в Hemmingsdorfe	500 мтр.	25 кгр.	0,5 квч.	6 т.ч.		
3	АEG. Beschreibung & Betriebsverschriften zur АEG Staubpumpe	„Насосы для крупных производительностей могут быть построены на любое расстояние передачи“.	—	—	—		
4	АEG. Смета для Гидроторфа от 27 февраля 1925 год.	500 мтр.	—	Мощность мотора 15 кв.	2 т.ч. 2)	2) Фактическая производительность ок. 6 т.ч.	
5	Bleibtreu. Kohlenstaubfeuerungen	—	15—20 м ³ т. при давлении в 1—3 атм.	—	10—25 т.ч.		
6	Harvey The Pulverized & Colloidal Fuel 1923	а) до 150 мтр. б) до 500 мтр. в) 50 мтр. г) 150 мтр.	—	22 квч. на 100 т. метр. 1,35 квч. на 100 т./метр. 2,5 квч. на 100 т./метр. 1,6 квч. на 100 т./метр.	— — 6 т.ч. 8 т.ч.	Цифры выведены при наличии в пылепроводе 1 подъема ок. 12 метров.	
7	Bethlehem Steel Company Lebanon.	240 мтр. с подъемом в 10,5 мт.	—	1,05 квч.	7 т.ч.		
8	Harvey. The Pulverized & Colloidal Fuel	При расстояниях: а) до 50 мтр. б) от 50 до 300 мтр.	18,5 м ³ т. при давлении в 1,35 атм. Тоже при давлении в 3 атм.	—	—		Наибольший вертикальный подъем = 18 мтр. но может быть и больше.
9	Fuller Каталог 1923 г.	—	5 м ³ т. при давлении в 1,2 атм. в зависимости от длины линии.	1—1,3 квч т.	—		
10	Fuller News 1925 г.	До 1800 мтр.	—	—	—	—	

№ п.п.	Источник.	Расстояние для транспорта.	Расход воздуха на 1 т. пыли.	Расход энергии на 1 т. пыли.	Производительн. насоса.	Примечание.
11	Braunkohle от 8:V 1926 г.	100 мтр. при производительности в 10 т час.	24 м ³ т. при давлении в 1 атм. абс.	1,15 квч.т. — 1,03 квч.т. — 2,18 квч.т.	компресс. — шнек. — всего.	
12	"	163 мтр. при высоте подъема в 16 мтр.	26 кг.т. давление воздуха 2 раб. атмосфер.	—	—	—
13	"	100 мтр. при производительности в 3 тон.час.	12--15 м ³ т.	1—1,23 квч.т.	3 т.ч.	При тонкой пыли.
14	"	"	25 м ³ т.	1,95 — 2,44 квч.т.	—	При крупной пыли.
15	Опыты Rosin в Hirschfeld'e	270 мтр. при производительности 12 тонн.час.	15—20 м ³ т.	5 квч.т.	—	

тельных центральных станций, рассылающих своим клиентам готовую пыль по железной дороге в специальных вагонах.



Фиг. 23.

Установка насоса „Кицион“ на заводе обезжелезивания гидроторфа.

Сжигание и транспортирование пыли в промышленных установках выгоднее, чем применение брикетов, а потому буроголивая пыль начинает получать распространение в качестве дешевого топлива для промышленных предприятий.

Применяемые для транспортирования пыли вагоны имеют различные конструкции.

Одна система применяет разгрузку вагонов путем выталкивания пыли. В этом случае вагон разделяется на 3 бункера, емкостью по 5,7 т., так что полная емкость вагона составит 17—18 т. Каждый бункер может быть по дну с вагонной рамой при помощи крана, и содержимое выталкивается после открытия соответствующей задвижки.

Другая система (рис. 24) предусматривает пневматическую разгрузку вагонов. Емкость таких вагонов около 15—20 тонн пыли.

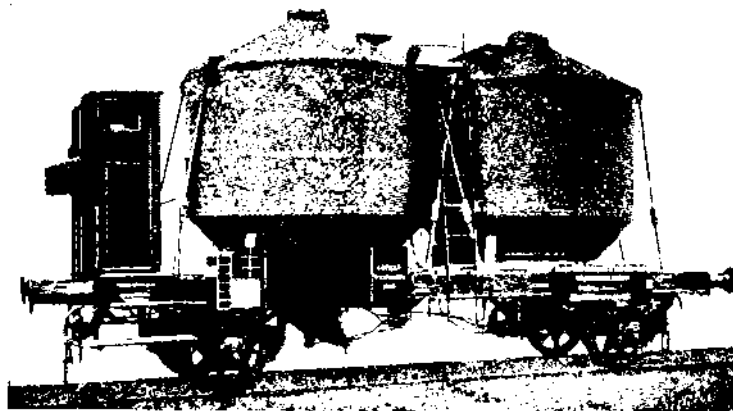


Рис. 24.

В нижней части вагоны имеют горизонтально закрепленные трубы, к которым должен быть впуск воздуха под давлением сжатого воздуха.

Как сообщает Muller³⁾, вагоны эти не удается полностью разгрузить, так как в них всегда остается в среднем по 3,75 тонн пыли.

Другое затруднение — воздухопроницаемость вагона при вагоне, наполненном пылью.

При последнем способе из вагона выгружается в час ок. 12 тонн пыли при давлении воздуха в 1,5 атм., длине шлангов в 50 метров и диаметре в 80 мм. Расход воздуха на 1 тонну выгруженной пыли ок. 17,5 м³, считая на засоренное количество.

Применение вагонов для транспорта торфяной пыли вполне возможно. Условия, которым должна удовлетворять конструкция вагона, аналогичны требованиям, предъявляемым к бункерам: они должны быть воздухопроницаемы, герметически закрыты и, по возможности, всегда защищены пылью доверху. Опадение пылевоздушной смеси или каких-либо взрывов, вследствие отсутствия пыли малых размеров поверхности торфа, соприкасающейся с воздухом — нет оснований.

Б. В. Мокрицкий.

³⁾ Braunkohle, 1926 г., тетрадь 8. Muller, „Kohlenstaubwagen und ihre praktische Verwendbarkeit im Betriebe“.

Особенности сжигания торфяной пыли и существующие топочные устройства для пылевидного топлива.

I. Особенности сжигания торфяной пыли.

Размер топлива в современных мельничных устройствах доводит размер отдельных пылинки, при остатке 0 (4900), грубо до 70 микронов в поперечнике. Эта цифра в 233.000 раз превышает размер молекулы углекислоты и в 3.100.000 раз диаметр шарика углерода с весом одной молекулы.

Облако горячей пыли и газообразное тело.

Пылинки и молекулы настолько различаются по своим размерам, что рассматривать пылевоздушную смесь, как газообразное тело, немыслимо, и при сжигании пыли, взвешенной в воздухе, нужно считаться с горением многочисленных мельчайших твердых тел.

Горение твердого топлива, не содержащего в себе летучих, протекает, как строго поверхностная реакция, и требует для своего завершения вполне определенного промежутка времени, определяемого температурой горения, свойствами сжигаемого тела и условиями подвода к нему необходимого количества воздуха.

Как поверхностная реакция, оно протекает и в том случае, когда топливо сжигается в пылевидном состоянии, будучи равномерно распределенным в воздушной среде. При этом расстояние между частицами пыли будет, примерно, в 18 раз больше размера пылинки, а объем, занимаемый топливом, в 7.156 раз меньше, чем объем, занимаемый воздухом. Очевидно, что горение такого облака пыли будет протекать только, как ряд отдельных мелких поверхностных реакций горения на поверхности отдельных пылинки.

Современные топочные устройства для кускового торфа производят сжигание не столько самого торфа, сколько продуктов его распада: кокса (поверхностная реакция горения) и газов, выделившихся при подготовительном процессе (опять-таки поверхностная реакция, но уже на поверхности облака газа, в которое диффундирует воздух).

Особенности сжигания торфа в пылевидном состоянии:
а) выход летучих.

При сжигании торфа в пылевидном состоянии будут протекать подобные же реакции, но уже значительно ускоренным темпом, благодаря увеличению в несколько сот раз размеров наружной поверхности (против поверхности кирпича и машиноформованного торфа) примерно в 1.500 раз) и чрезвычайно возросшему отношению наружной поверхности к весу горючего материала.

Считая, что содержание летучих и влаги в торфяной пыли составляет примерно 75%, можно предвидеть, что отношение наружной поверхности к весу торфяной пыли после окончания подготовительного процесса в топке примерно утроится.

Значительное возрастание этого отношения для оставшихся частиц (кокса) и выделение большого количества газов — характерные особенности сжигания торфяной пыли.

Горючесть полученных в результате подготовительного процесса продуктов распада торфа неодинакова: температура воспламенения торфяного кокса (около 430°С) ниже температуры начала возгорания торфяных газов (470—520°С).

Наличие прозрачной для тепловых лучей газовой среды в начале горения благоприятствует поглощению частицами кокса тепла от нагретых стенок камеры; частицы эти накапливаются (при недостаточно нагретой топке) — слой некр в атмосфере невоспламенившегося газа) и содействуют возгоранию газовой среды, играя роль запальников с большой поверхностью теплоизлучения.

После воспламенения газов, горящий факел в свою очередь поддерживает горение коксовых частиц, и потому при большом содержании летучих, низкой влажности и тонком размоле, сжигание торфяной пыли по сравнению с сжиганием минерального топлива будет протекать более быстро и более устойчиво.

Скорость протекания процесса усиливается еще тем обстоятельством, что температура воспламенения торфа значительно ниже, чем температура воспламенения продуктов его распада (первая составляет приблизительно 130°С при некагулированном торфе).

Благодаря этому, немедленно после попадания пыли в топку, одновременно с процессом газификации, начинается горение торфяных пылинки, ускоряющих зажигание продуктов распада.

б) Требуемая
тонкость тор-
фяной пыли.

Тонкость пыли для того, чтобы осуществить в топке сжигание стораши частиц кокса, определяется продолжительностью их горения.

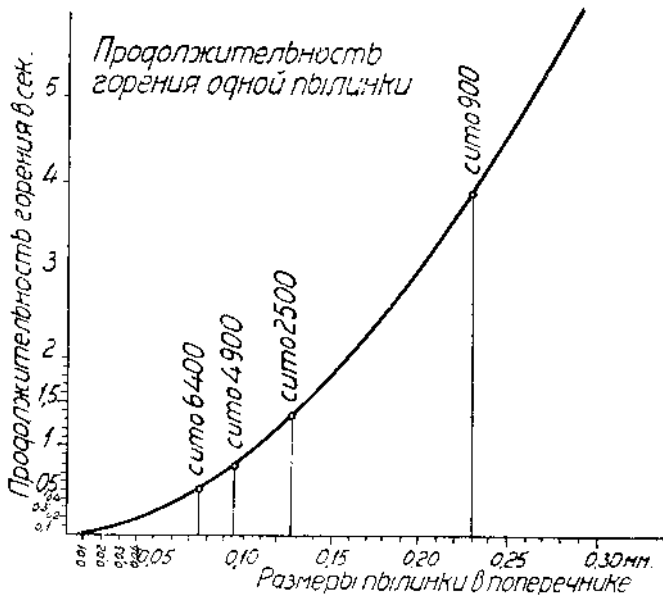
Опыты Rosin'a с сжиганием бурогоугольной пыли при температуре в топке около 1300°С установили, что зависимость продолжительности горения от размера пылинки выражается в форме гиперболической кривой (диаграмма фиг. 1).

Тонкость бурогоугольной пыли, которую Rosin применял для своих опытов, была перед камерой сжигания 0 (4900), при размере одной пылинки в 0,095 мм. Согласно кривой (фиг. 1), при уменьшении этого размера пылинки в 1,7 раза, что, примерно, имеет место после окончания подготовительного процесса в топке при сжигании торфяной пыли, продолжительность горения уменьшится с 0,7 до 0,4 секунды, т.е., примерно, в 1,75 раза.

Какой остаток при торфяной пыли может быть допущен на сите (4900), сказать нельзя, так как скорость горения частиц торфа и притом в среде горящего газа, неизвестна.

Чрезмерное увеличение размера пылинки во всяком случае неже-

лательно, так как, с одной стороны, при этом уменьшается поверхность для нагревания топлива и выхода летучих, с другой стороны, появляется возможность выпадания крупных частиц из факела раньше, чем они успеют сгореть. Скорость горения частиц может при этом сильно уменьшиться, в топке получится избыток не успевшего обуглеродиться воздуха, и весь процесс будет протекать крайне несовершенен.



Фиг. 1.

От буроугольной пыли, кроме остатка 0(900) требуется еще остаток 10 (4900). Helbig полагает, что для торфяной пыли последняя цифра может быть увеличена до 25 (4900). Мои опыты по сжиганию торфяной пыли с остатком в 40 (2.500) заставляют думать, что для торфа можно идти в смысле уменьшения тонкости помола значительно дальше.

С точки зрения протекания процесса горения, всякое выделение водяных паров в топочном пространстве является вредным, так как имеет следствием бесполезное понижение температуры в топке. Поэтому, понижение первоначальной влажности торфяной пыли является желательным, по крайней мере до влажности в 10%. Вопрос о дальнейшей досушке торфа уже зависит, прежде всего, от ее стоимости, а потому он должен быть решен всякий раз после производства необходимых подсчетов.

Всякое сжигание топлива, вообще говоря, наиболее выгодно в тех случаях, когда удастся использовать для теплопередачи максимальный температурный напор. С этой точки зрения, чем ближе температура в топке приблизится к теоретической температуре горения, чем меньше будет избыток воздуха, тем легче и полнее может быть осуществлена теплопередача в котлах или печах.

Горение торфа с влажностью в 15%, в присутствии теоретического количества воздуха, происходит при температуре около 1900° Ц., зависимости от степени подогрева воздуха. Наилучшей конструкцией топки будет та, которая сможет выдерживать столь высокие температуры в течение продолжительного времени без повреждения.

Таких топков в промышленности пока нет, так как наивысшая температура, которую выдерживает наилучший огнеупорный материал, составляет только 1400—1500° Ц.

в) Температу-
ра горения.

(г Зольность. Зольность при сжигании пылевидного топлива, вообще, несравнимо меньше влияет на процесс горения, чем при сжигании кускового: с одной стороны после размолта торфа значительная часть золы механически отделяется от горячего, а, с другой, высокая температура мелких накаленных пылинок золы, играющих роль аккумуляторов тепла, способствует поддержанию высокой температуры в топке. Поскольку в настоящее время можно сжигать в пылевидном состоянии очень зольные сорта углей (с содержанием золы до 40%), постольку зольность торфа не может служить препятствием для его сжигания в виде пыли. Для торфа в большинстве случаев характерна малая зольность, а потому и влияние ее на процесс сжигания определяется не столько количеством неорганических примесей, сколько элементарным составом золы и шлаков, т.е. качеством этих примесей.

По данным Института, элементарный состав золы некоторых сфагновых торфов оказывался следующим:

Известковой золы (Са О)	55,75%
Окись железа (Fe О)	10,5%
Фосфорная кислота	0,84%
Серная кислота	3,86%
Кремневая кислота	1,80%
Азот	26,55%

Температура плавления золы в атмосфере воздуха довольно сильно различается для разных торфов. У сфагнового торфа она выше, чем у осокового (см. таблицу I).

Таблица I

Название болот.	Род торфа.	Зольность.	Температура плавления золы
Ганцево	Глиносфагновый	2,85	1,120
Марусино	Сфагновый с древесной.	2,36	1,137
Вологодская губ.	Сфагновый.	2,87	1,230
Андрушецкое	Осоковый.	20,41	1,100
Лянинское	Переходный.	3,79	1,175

Очевидно, что образование шлаков в торфяной топке всегда будет иметь место, так как температура плавления их всегда ниже температуры горения.

Борьба с шлакованием, в зависимости от элементарного состава шлаков, составляет одну из самых важных и трудных задач конструкции топочных камер.

Можно ждать, что эта задача, разрешенная уже для многих довольно зольных сортов углей, при сжигании торфяной пыли особых осложнений не вызовет, тем более, что особенно неприятные кремневые соединения содержатся в торфяной золе часто в незначительном количестве

Все приведенные выше свойства торфа: легкая воспламеняемость, благодаря большому содержанию летучих, возможность работать с более крупной пылью и малая зольность обуславливают такие благоприятные тепловые условия для сжигания его в виде пыли, какие не могут быть достигнуты ни при одном минеральном топливе. При торфяной пыли не только не может быть речи об ее «огнеупорности», как например, у тощих углей с большим содержанием золы, или у антрацитовой пыля, но, наоборот, приходится серьезно думать о том, чтобы постоянно сдерживать стремление пыли к воспламенению и чтобы направлять горение в желательную сторону.

II. Конструкции топочных камер для пылевидного топлива и сжигание торфяной пыли.

Сжигание пылевидного топлива требует удачного размещения двух забор, выдвинутых еще много лет назад при первых попытках отапливать котлы угольным порошком. Задачи эти следующие:

Главные задачи техники применения пылевидного топлива.

а) Размолоть топливо в пыль такой тонкости, чтобы она могла некоторое время (1 -- 2 секунды) находиться в воздухе во взвешенном состоянии.

б) Построить такую топку, в которой эта пыль могла бы совершенно сгорать при теоретической температуре горения и при том без нарушения целостности кладки.

Поскольку первая задача в общем решена, и дело техники раздота топлива сведется, главным образом, к тому чтобы усовершенствовать многочисленные конструкции мельниц, постольку вторая только приближается к решению и покамест на ходится в стадии исканий и проб, предлагающих испытать на практике определенную идею или конструкцию.

Требования, которым должна удовлетворять топочная камера для пылевидного топлива, сводятся к следующему:

1. Каждая пылинка, введенная в топку, должна поддерживаться во взвешенном состоянии в течение всего промежутка времени, нужного для ее полного сгорания.

2. Горение топлива должно быть полностью закончено в пределах топочной камеры.

3. Температура на внутренней поверхности обмуровки всегда должна быть ниже точки плавления огнеупорных кирпичей. Как общее правило, пламя не должно соприкасаться со стенками топочной камеры.

4. В топке всегда должно поддерживаться разрежение. Всякое образование давления в ней приводит к соприкосанию пламени со стенками обмуровки и иногда даже к продавливанию его в глубины неплотностей кладки и в трещины кирпичей. В этом случае возрастает вредное действие шлаков на огнеупорный материал и кирпичную кладку.

5. В топке должно оставаться максимально возможное количество летучей золы.

Основные требования к топочной камере.

6. Должно быть доведено до минимума соприкосновение жидких шлаков со стенками камеры в тех случаях, когда есть основание опасаться их химического действия на материал обмуровки.

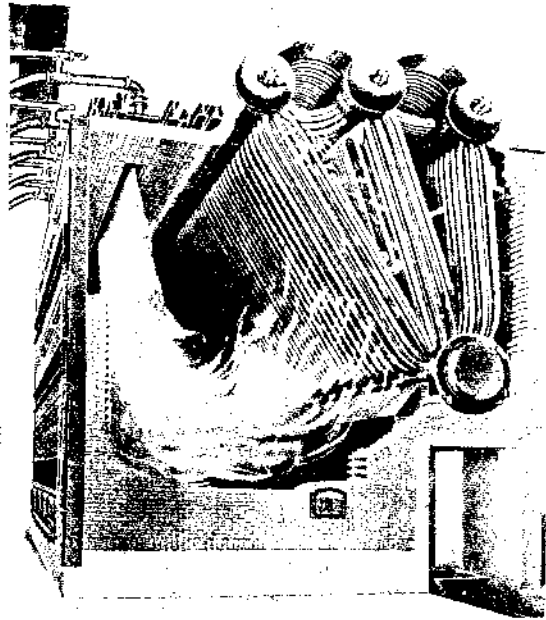
Длина пути, совершаемого пылью в топочной камере, и направление факела.

Два (или отчасти три) первые требования, предъявленные к пылевым топкам, могут быть удовлетворены, если длина пути для проноса пыли от входа в топку и до поверхности нагрева котла будет настолько велика, что самая крупная пылинка успеет сгореть раньше, чем коснется поверхности котла.

Длина пути, по которому должна пойти пыль внутри камеры, зависит от следующих факторов:

а) от скорости горения отдельных частиц и связанной с нею тонкости пыли.

б) от характера движения пылинки в топочной камере.



Фиг. 2. Камерная топка (Fuller) с вертикальным направлением струи пыли вниз.

Последний определяется:

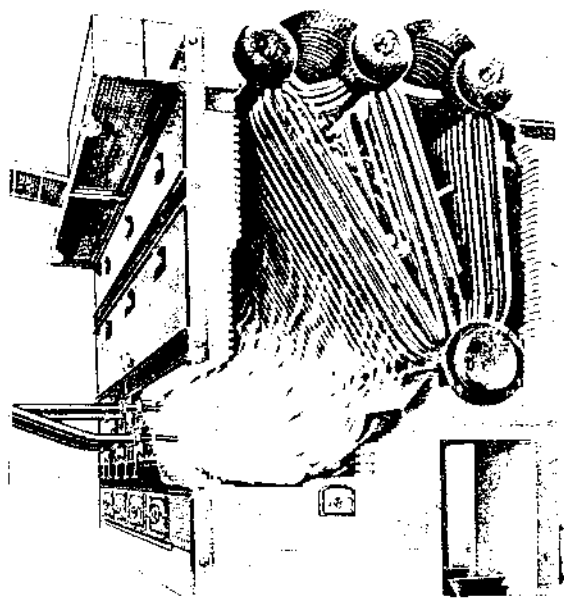
- 1) величиной и направлением начальной скорости пыли при входе в топку;
- 2) скоростью и направлением потоков вторичного воздуха в топке,
- 3) действием тяги и скоростью топочных газов и,
- 4) силой тяжести отдельных пылинок.

При обычной тонкости пыли, действие силы тяжести отдельных пылинок настолько незначительно, что, по сравнению с влиянием остальных факторов, им можно пренебречь и рассматривать скорость пыли в топке, как результирующую по величине и направлению двух скоростей: начальной скорости пыли и скорости топочных газов (Rosin).

Чем больше скорость пыли, тем длиннее должен быть путь, который сделают пылинки. При больших скоростях вдувания пыли в топку, длина пламени настолько увеличится, что для полного дожигания горючего потребуется топка колоссальных размеров. Как указывает Rosin, уже при начальной скорости пыли в 30 метров в сек., скорости горения наиболее крупных пылинок в 2 сек. и результирующей скорости в камерах в 10 метров в секунду, свободная длина пламени должна быть равна 15 метрам.

Горизонтальная и вертикальная слагающие результирующей скорости движения пыли определяют собой минимальные длину и высоту топочной камеры.

При сжигании торфяной пыли, отличающейся сравнительно малой продолжительностью горения, влияние начальной скорости поступления пыли в топку на размеры последней должно быть меньше, чем при работе на других топливах.



Фиг. 3. Камерная топка (Fuller'a) с горизонтальным направлением струи пыли.

Для того, чтобы лучше разместить пламя в топке, часто прибегают к повороту пламени в обратном направлении. Такой поворот, если он совершается свободно и исключительно в результате взаимодействия начальной скорости пылевоздушной смеси и силы тяги, несомненно дает известный выигрыш в размере топки и становится особенно полезным при сжигании огнеупорных топлив. В последнем случае повернутый в обратном направлении факел усиливает подогрев поступающей в топку пыли и ускоряет процесс сжигания.

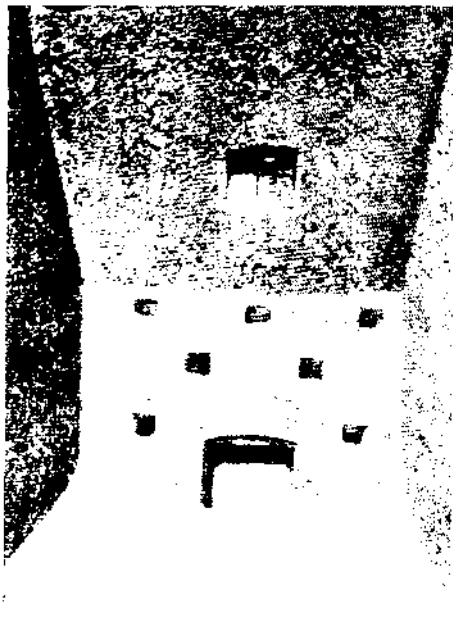
На фиг. 2 изображена одна из наиболее распространенных топек Fuller'a, с вертикальным направлением струи пыли вниз и поворотом

факела в обратную сторону. Такая топка часто применяется для топлива с малым содержанием летучих.

Для топлива с большим содержанием летучих предпочитают горизонтальное расположение факела (как указано на фиг. 3).

При таком расположении, расстояние от факела до пода топки становится довольно незначительным, а потому опасность недогорания крупных плазмок при падении их вниз имеется налицо.

Часто встречается установка форсунок под некоторым углом к вертикали (топка АЕГ фиг. 4).



Фиг. 4. Вдувание топки АЕГ.

В некоторых конструкциях факел направляется при этом к фронту топки.

В одном из первых котлов на угольной пыли (The Bettington Boiler) пламя было направлено по вертикали снизу вверх. После догорания пыли, газы поворачивали кину омывая стенки котла (фиг. 5).

Первые опыты с котлом Беттинговна дали вполне удовлетворительные результаты: коэффициент полезного действия составлял 81,1%.

Поопытки вдувать пыль в тангенциальном направлении к колодезной топке (фиг. 6), которая при этом делается круглой (топки Fuller'a), еще недавно успеха не имели: во-первых, были затруднения с охлаждением кладки и удалением золы, а во вторых, во время горения происходило выделение крупных частиц пыли из факела, благодаря действию центробежной силы; топка играла как бы роль циклона. Возможно, что вдуванием вторичного воздуха сквозь кладку, которая может быть сделана из пористого кирпича, это выбрасывание крупной пыли можно задержать, но, во всяком случае, оно при первых опытах имело место³⁾.

Последние опыты с колодезной топкой на американской электрической станции „Trenton Channel“ дали впрочем прекрасные результаты, позволяющие надеяться, что этот тип топки получит распространение.

Остановиться на определенном направлении факела, как наиболее желательном, трудно, так как при конструировании топки приходится иметь дело еще с многочисленными вопросами. наилучшее разрешение последних в комбинации с любым из приведенных выше направлений факела может дать вполне удачное с точки зрения процесса горения решение вопроса о форме топочной камеры.

³⁾ Hellig.

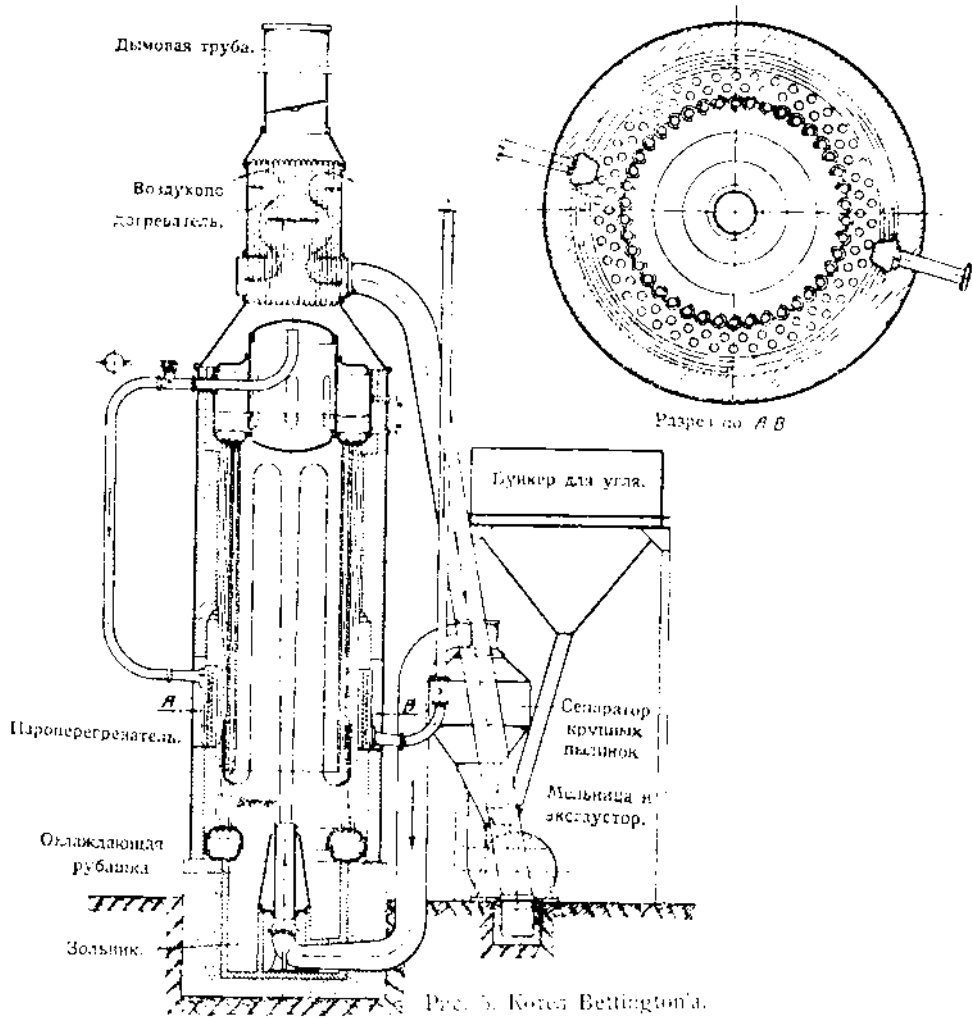


Рис. 5. Котел Bettington's.

Предельный минимум для двух размеров топки — длины и вы- Объем топки. сота — определится, если построить горизонтальные и вертикальные слагающие скорости движения пыли.

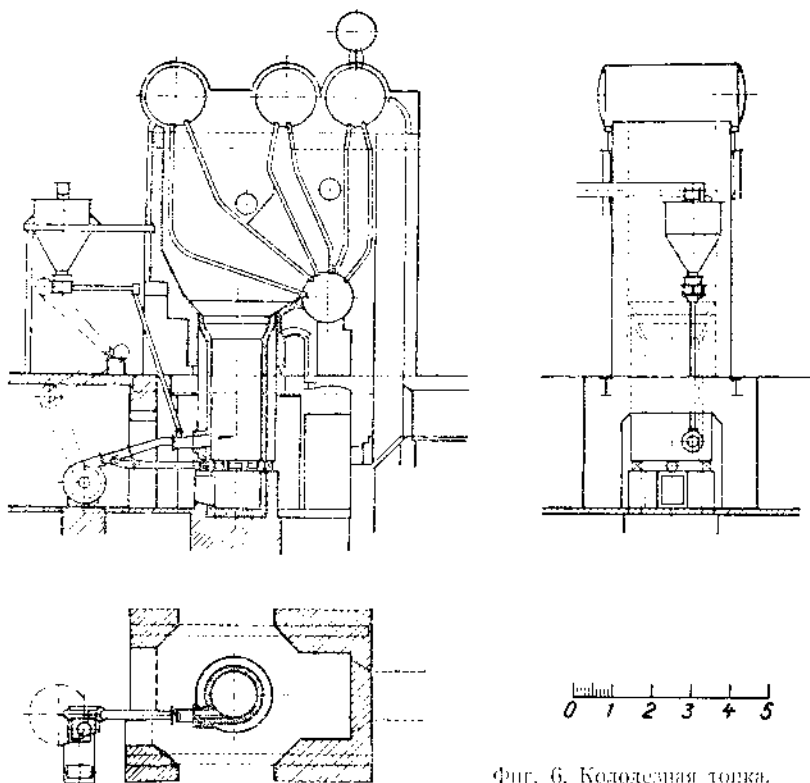
Ширина топки наметится размерами котла.

Подсчитанный таким образом объем еще не представляет собой требуемого объема топочной камеры, так как необходимо не только, чтобы он вместил в себя длину факела, но чтобы при этом все топочные газы успевали проходить без образования давления внутри топки.

Rosin показал, что максимальная тепловая нагрузка, которая может быть достигнута в топочной камере, исходя из вышеуказанных соображений, обратно пропорциональна продолжительности горения наиболее крупных пылинок.

Он выяснил при этом, что, при теоретическом процессе сжигания и скорости горения пылинок в 1 секунду, самая большая нагрузка камеры для всех применяемых твердых топлив составит 338.000 кал м³ час.

С изменением скорости горения пылинок, максимальная нагрузка 1 м³ камеры при температуре в топке в 1300 Ц меняется, как показано на нижеприведенной диаграмме (фиг. 7).



Фиг. 6. Колодезная топка.

Всякая перегрузка камеры против тепловых нагрузок, определенных таким образом, ведет к автоматической разгрузке топки: к выпусканию недогоревшей пыли в дымоходы котла, т.е. к неполному горению.

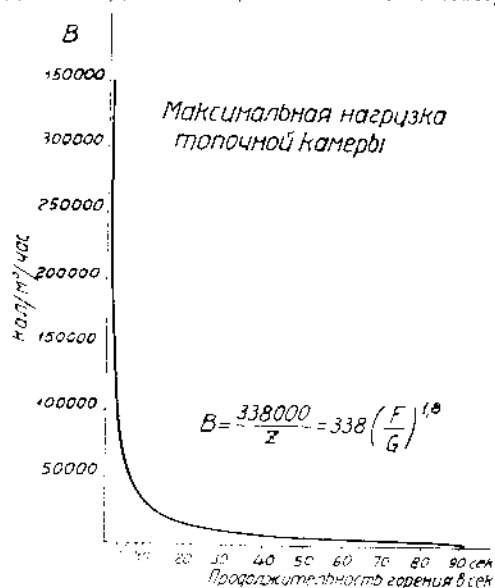
Медленность протекания процесса горения пылевидного топлива обуславливается образованием облачков из газообразных продуктов, которые обволакивают каждую пылинку с момента поступления ее в топку.

Наличие этих облачков затрудняет доступ кислорода к пылинке и замедляет горение.

Если бы удалось удалить продукты горения с поверхности каждой пылинки непрерывно на всем пути ее в топочной камере, процесс горения ускорится и размеры камеры могут быть значительно уменьшены.

«Вырвать» пылинку из облачка продуктов горения составляет очередную задачу техники пылесжигания, которую стремятся разрешить разными способами.

Примененный недавно принцип создания в топке турбулентной



Фиг. 7 (Rasin).

струи успешно справляется с задачей: в топке «Bailey» (Ashley Street Station (фиг. 33) объем топки уменьшен вдвое и достигнуто горение, близкое к теоретическому. Прекрасные результаты получены в колодезной топке на ст. „Trenton-Channel“. Интересны опыты французов по созданию пульсаций в топочной камере.

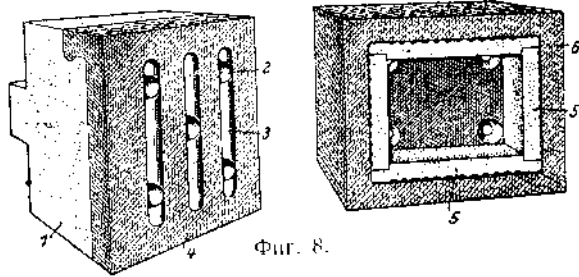
Осуществить теоретическое горение в топках до сих пор не удалось, так как этому препятствуют свойства существующих огнеупорных материалов.

Применяемые
способы
понижения
температуры
в топке.

Американская практика только недавно начала применять для обмуровки топок на угольной пыли специальные шамотные кирпичи с карборундовой облицовкой. Получается сочетание двух материалов: тугоплавкого (температура плавления карборунда 2258° С), но теплопроводящего, с одной стороны, и менее огнеупорного, но зато плохо проводящего тепло, с другой. Кирпичи эти иногда снабжаются отверстиями для впуска воздуха (фиг. 8).

В европейской практике пока такой способ обмуровки топок распространения не получил.

До настоящего времени топочная техника не может справиться с температурами свыше 1400°, а потому вопрос о понижении температуры в топке имеет весьма важное значение.

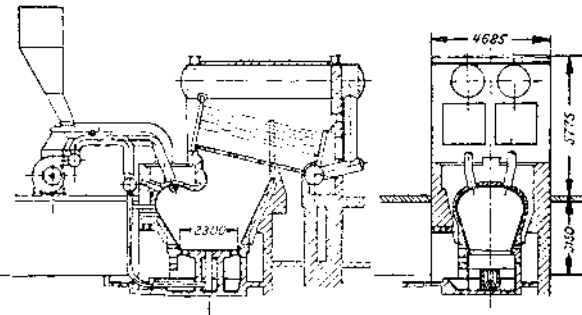


Фиг. 8.

Понижение это может быть осуществлено прежде всего за счет свойств сжигаемой пыли: увеличение размера пылинок, влекущее за собой избыток воздуха в топке, затем, работа на более влажном топливе — понижают топочную температуру.

Но оба эти способа, уменьшающие мощность топки, а иногда и вместе с этим коэффициент полезного действия ее, проводить в жизнь, конечно, не следует.

Другое средство понижения температуры — введение в топку воздушного балласта, хотя и применяется на практике (работа топки при пониженном содержании углекислоты в газах), но также не является экономичным, так как тоже уменьшает мощность топки.



Фиг. 9. Топка „Orange“.

Другое средство понижения температуры — введение в топку воздушного балласта, хотя и применяется на практике (работа топки при пониженном содержании углекислоты в газах), но также не является экономичным, так как тоже уменьшает мощность топки.

Третий способ: подвод воздуха, по возможности полностью, сквозь кирпичную кладку, применяется чаще всего.

Различаются следующие способы подвода воздуха в топку:

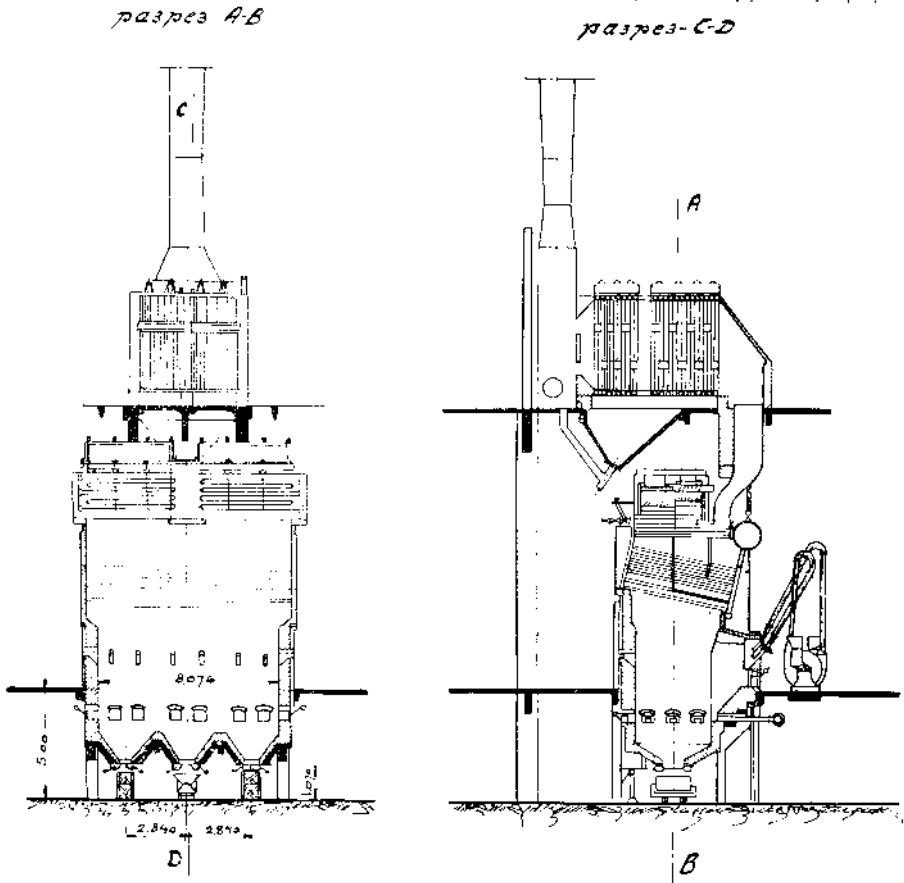
1) только вместе с пылью, через форсунку. При этом, неизбежно большие скорости, приводят к исключительно длинному пламени и

большим размерам топки, работа которой осложняется сильным нагреванием стенок.

Такой способ подвода воздуха станет осуществимым только после того, как удастся уменьшить скорость горения пылинок. Возможно, что средством к этому явятся турбулентная струя в топке.

2) 50—80% воздуха подводится вместе с пылью, а остальное количество через отверстия вокруг форсунки. Стены топки работают также в тяжелых условиях.

Подобный способ подвода воздуха иногда имеет место в установках с индивидуальным размолом. В целях уменьшения объема топочной камеры в недавно оборудованных топках Ashley Street Station применено новое устройство: вторичный воздух вокруг форсунки



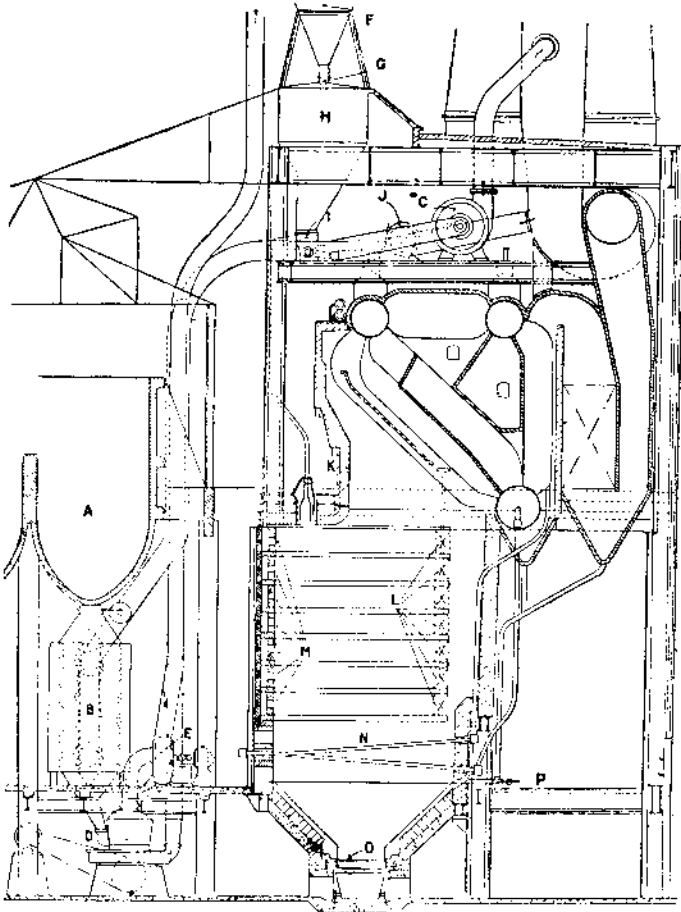
Фиг. 10. Топка при котле 1000 м² на электрической станции в Compiègne (Франция).
проходит через неподвижную крылатку, установленную на оси форсунки, и благодаря этому приходит в вихреобразное состояние (турбулентная струя) (фиг. 33-а).

3) 15—25% воздуха подводится вместе с пылью и около 20% вокруг форсунки, а остальное количество через отверстия в кладке котла. Последний способ, дающий наиболее короткое пламя, пока получил наибольшее распространение.

В некоторых топках («Orange») количество воздуха, вводимого вместе с пылью, доводит до минимума, а все остальное количество вается в топку, создавая в ней вихревые движения (фиг. 9).

При работе с «индивидуальным размолом» количество первичного воздуха становится настолько значительным, что образование вихрей в топке для того, чтобы равномерно распределить пыль в воздушной среде и ускорить горение пылинок, становится необходимым.

Такие топки строит фирма «La Combustion Rationnelle» (пример на фиг. 10).—В них вихревые движения создаются потоками вторичного воздуха, пересекающими пылевоздушную струю. Вторичный воздух вдувается вентилятором под форсунку, производя в то же время охлаждение шлаков, которые выпадают из факела, не успев расплавиться.



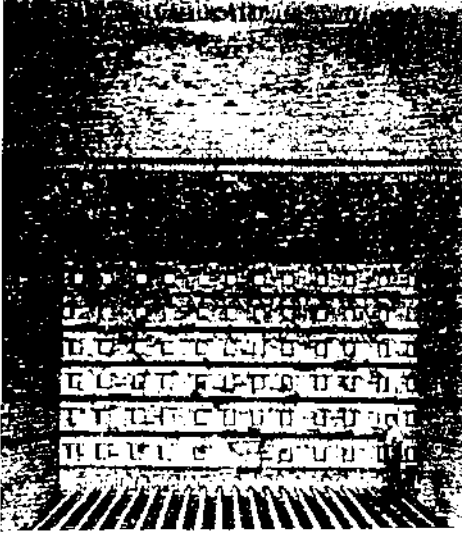
Фиг. 11. Разрез по помещению котельной электрической станции Vitru (Париж).

- | | |
|-----------------------------|---|
| A — Бункер для сырого угля. | G — Распределительный шнек. |
| B — Сушилка для угля. | H — Бункер для пыли. |
| C — Экстагустор. | K — Форсунки. |
| D — Мельница Раймонда. | M — Отверстия для входа вторичного воздуха в топку. |
| E — Вентилятор. | N — Шлаковой экран. |
| F — Циклон. | O — Шлаковывод. |

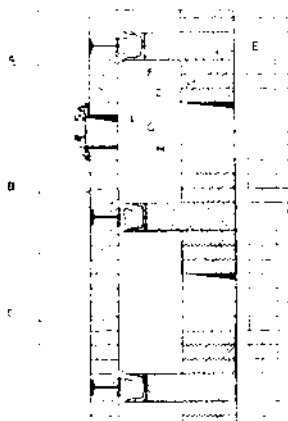
На электрической станции «Moabit-Berlin», где работает одна топка «Orange», вторичный воздух высасывается из пространства между простой и огнеупорной кладкой котла.

Этот способ подогревания и подвода воздуха рекомендовать трудно, так как при нем возможно просасывание топочных газов сквозь неизбежные неплотности кладки.

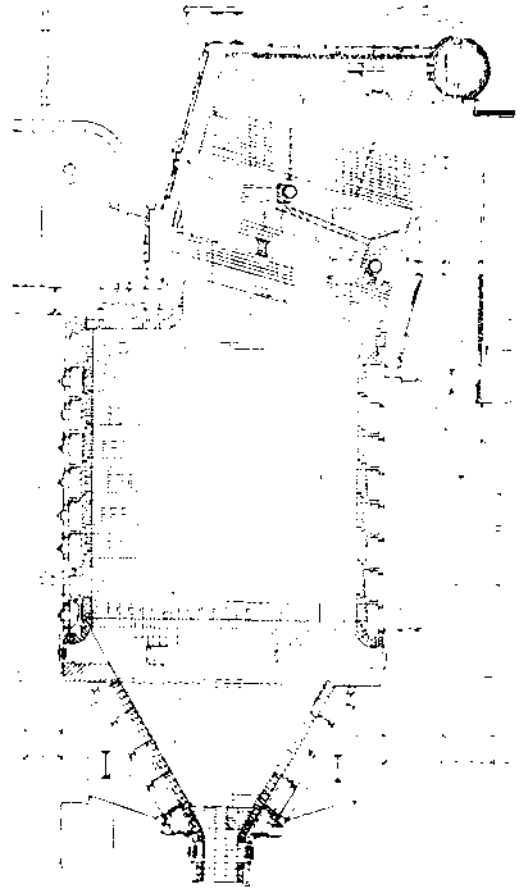
В топках фирмы «Loruleo», установленных на электрических станциях в Genne-Villiers и Vitry (фиг. 11, 12 и 13), воздух непосредственно засасывается через пространство между простой и огнеупорной кладкой котла, но уже за счет разрежения в топке. Он подводится одновременно в нескольких ярусах через ряд отверстий с фронта перпендикулярно факелу.



Фиг. 12. Внутренность топки котла 1600 м²к Электростанции Vitry (Париж), (Типа „Loruleo“, с экраном для пеплов).



Фиг. 13. Подвод воздуха в топку котла 1600 м²к электрич. станции Vitry (Париж).



Фиг. 11. Топка Buller'a (без экрана).

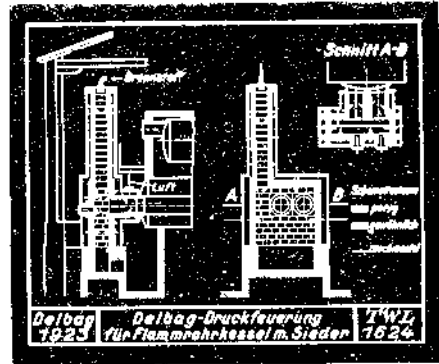
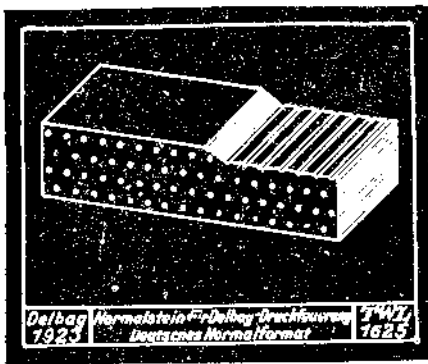
По мере увеличения нагрузки котла, разрежение в топке падает, и количество засасываемого воздуха вместо того, чтобы возрастать, будет уменьшаться. В случае образования давления в топочной камере, пламя выбросится в пространство между простой и огнеупорной кладкой и может испортить обмуровку.

Более рационально не всасывать воздух из промежутка между

кладками, а нагнетать его туда при помощи вентилятора и уже после предварительного подогрева.

Небольшое увеличение потерь теплоты в окружающую среду компенсируется уменьшением объема камеры, вследствие сокращения продолжительности горения пыли, благодаря подогреву воздуха. Пример такой тонки на фиг. 14.

Наиболее распределенный подвод воздуха сквозь кирпичную кладку осуществил Helbig в своей „Delbag Druckfeuerung“, фиг. 15.

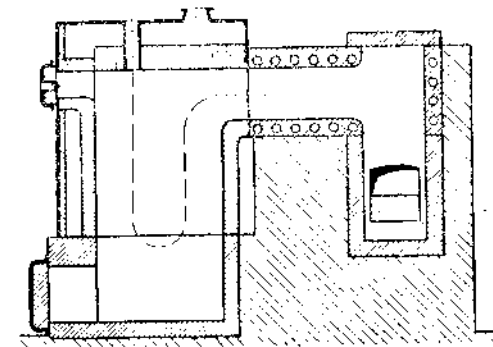


Фиг. 15. Delbag Druck Feuerung.

Он применял пористые кирпичи с равномерно распределенными отверстиями, через которые нагнетается воздух, причем на поверхности кладки поддерживается сравнительно невысокая температура, несмотря на то, что горение будет близко к теоретическому.

Тонка „Delbag Druckfeuerung“ при испытаниях дала в отношении стойкости кладки блестящие результаты.

Отверстия в кирпичах сделаны на узкой стороне (72 отверстия на площади 65 250 мм.) так, что на 1 м² внутренней поверхности обмуровки приходится 4200 отверстий.



Фиг. 15 а. Новая тонка Delbag Druck-Feuerung в Charlottenburg'e.

Теоретически необходимое количество воздуха оказывается совершенно достаточным для того, чтобы охладить кирпич настолько, что он сможет выдержать топочные температуры в 2000° Ц и выше.

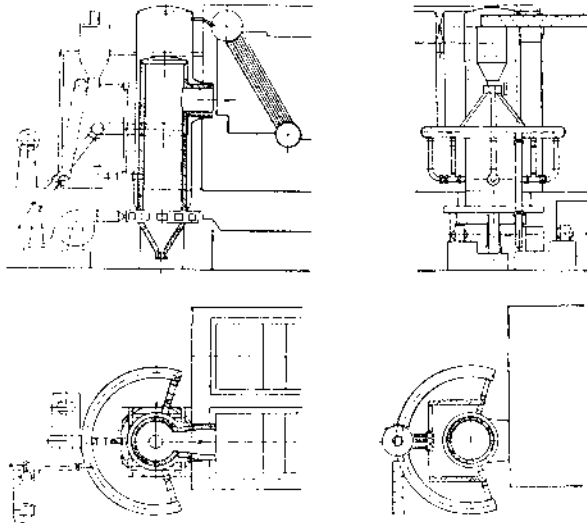
Первичный, предварительно профильтрованный воздух подводится в размере 10–20% от необходимого для сжигания вместе с пылью, а все остальное количество нагнетается сквозь многочисленные отверстия в кирпичах под давлением в 20–50 мм. в с.

Такая тонка работает уже на заводе Delbag в Charlottenburg'e (Берлин) в течение продолжительного времени, при чем содержание

углекислоты в газах во время работы остается постоянным, около 18% по выходе из топки.

Удачный способ подведения воздуха дал здесь возможность уменьшить продолжительность горения пылинки и значительно сократить размеры топки: в момент производства опытов в Шарлоттенбурге высота топки составляла не более 2 метров, а тепловыделение на 1 м³ камеры достигало 500 — 600000 кал/м³час.

Главный недостаток конструкции данной топки почти полное отсутствие прямой отдачи — осложняется тем обстоятельством, что шамотные кирпичи в узком выходном отверстии уже за пределами топки не выдерживают высоких температур и нуждаются в специальном охлаждении. В „Delbag Druckfeuerung“ фиг. 15-а, в этом месте применены пока мало удачные кирпичи с замурованными в них трубами, по которым циркулирует вода. Первоначальные опыты с топкой установили,



Фиг. 16. Топка с водяным охлаждением.

что наличие в кирпичах мелких отверстий для воздуха вызвало засасывание шлаков (действие капиллярности), несмотря на довольно значительное давление воздуха извне. После ряда опытов, Helbig'у удалось установить такой размер отверстий, при котором это явление прекращается.

Отсутствие прямой отдачи делает данную топку мало пригодной для водотрубных котлов. В настоящем своем виде, топка может иметь большое значе-

ние, главным образом, для котлов с жаровыми трубами, для горизонтальных сушилок, работающих на топочных газах, в том случае, когда производится сушка очень влажных топлив. Можно ждать, что применение топки «Delbag Druckfeuerung» для торфа с влажностью в 55—60%, благодаря исключительно высокому содержанию углекислоты в газах, даст возможность значительно поднять начальную температуру в сушилке и тем самым повысить ее производительность. Теплонапряжение в этой топке по данным Helbig достигает 600 — 700.000 кал/м³час.

На этом заканчивается краткий обзор способов подвода воздуха в топку и связанного с ним охлаждения топочной обмуровки.

Радикальное решение вопроса об охлаждении стен топочной камеры дает применение водяного охлаждения кладки с наружной стороны, подобно тому, как это имело место в 1915 году на фабрике «Gebrüder Pfeiffer, Kaiserslautern».

В этой точке (Hebfigy) удавалось достигать почти теоретического горения без плюса кладки, но ряд дефектов: сильное шликование, отсутствие прямой отдачи и высокая стоимость сделали невозможным ее дальнейшее распространение.

Борьба с вырезанием кирпичной кладки и наряду с этим конструирование точки в виде почти закрытой камеры по существу противоречат друг другу, а потому на возможность применения таких топочных конструкций в котельной практике рассчитывать трудно.

Наилучший способ понижения температуры в точке как раз обратной — увеличение прямой отдачи путем максимального окружения факела топочными поверхностями (котла, экономизера и т. перетревателя).

Этот способ получил особенное распространение в Америке.

С применением его достигаются:

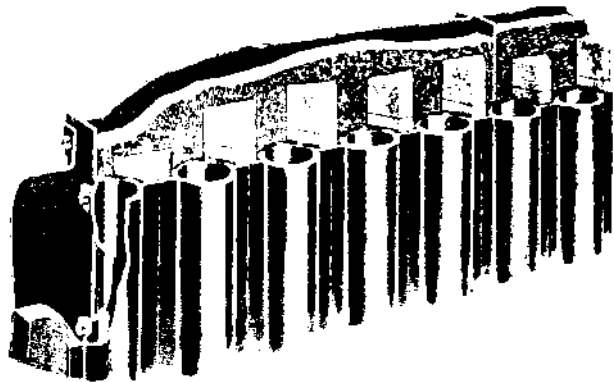
а) удешевление стоимости котла, вследствие уменьшения числа барабанов и возможности получить значительно большие паронапряжения, чем в котлах прежней конструкции. Вместо современных соотношений (0,1—0,2 м² поверхности нагрева, в котлах для получения одного киловатта), уже достигается соотношение 1,04 м² кв.

б) предохраняется топочная обмуровка от действия высокой температуры и жидких шлаков.

Самый радикальный способ защиты кладки по этому способу заключается в экранировании стен точки при помощи ряда вертикальных труб, снабженных продольными ребрами, перекрывающими друг друга и образующими сплошную завесу для защиты кирпичей от действия шлаков и высокой температуры (Fin Furnace). (Фиг. 17).

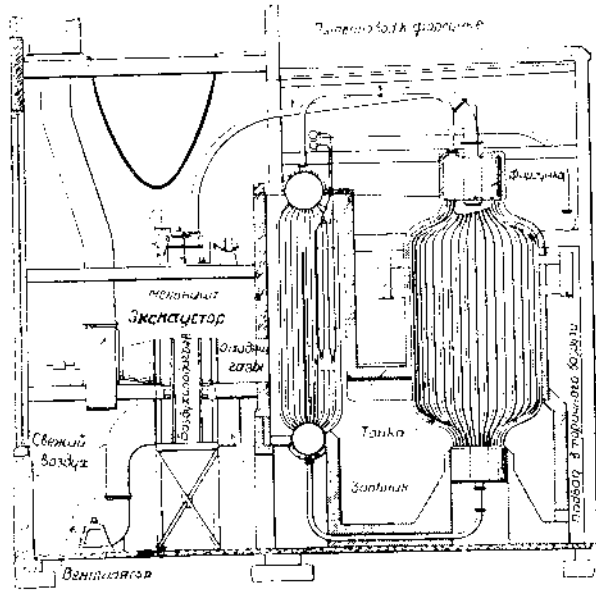
Применение такого экрана на электрической станции в Heil-Sine привело к увеличению паронапряжения котла с 35 кгр м² до 48 кгр м² кв.

Новая электрическая станция в Toronto привнесла экран в виде кирпичной кладки с трех боковых сторон и снизу топочной камеры, применяя для этой цели поверхности котла, водяного экономизера и перетревателя.

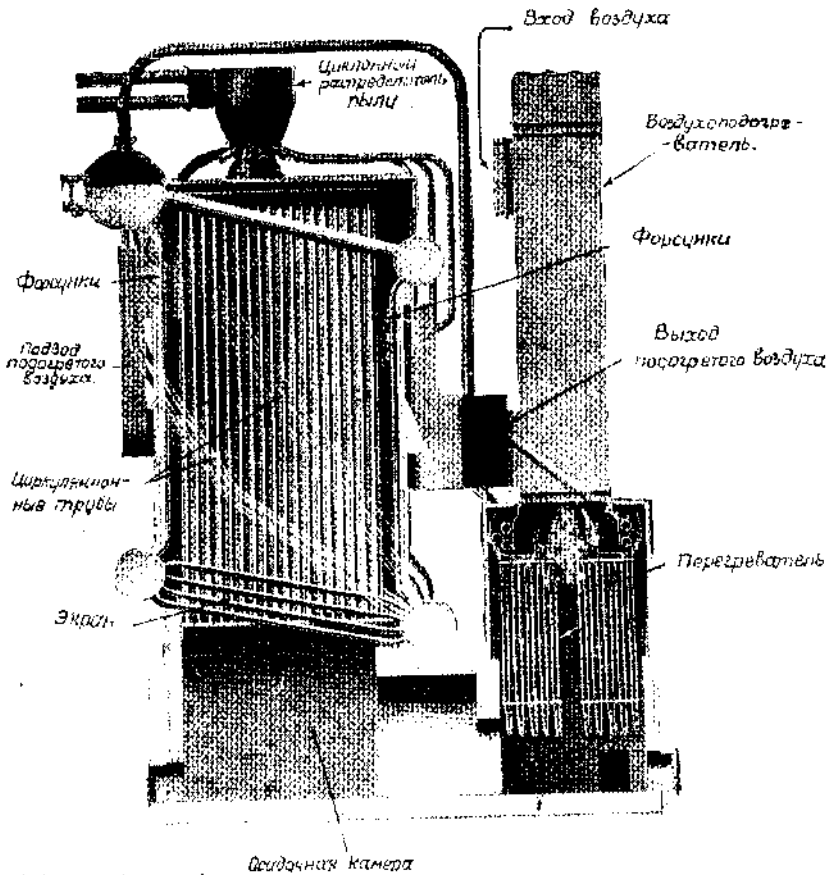


Фиг. 17. Fin-Furnace.

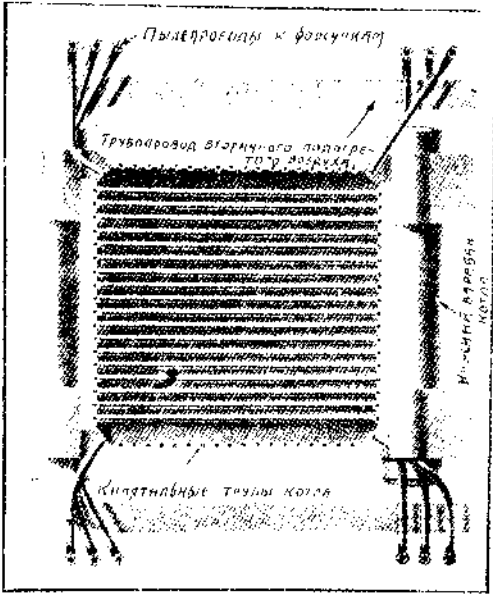
Свое дальнейшее развитие принцип увеличения прямой отдачи нашел в котле «Bridg», где точка со всех сторон окружена поглощающей поверхностью труб, которая и создает большую часть паропроизводительности котла (фиг. 18), остальная часть поверхности нагрева котла получает тепло только через соприкосновение с газами.



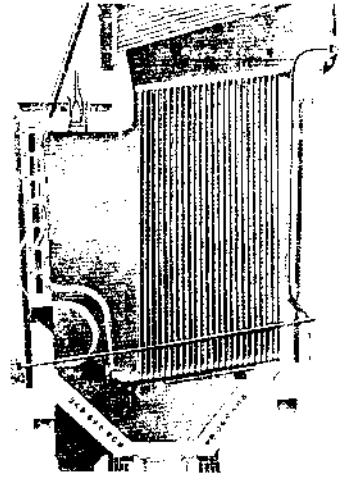
Фиг. 18. Тонка „Broido“.



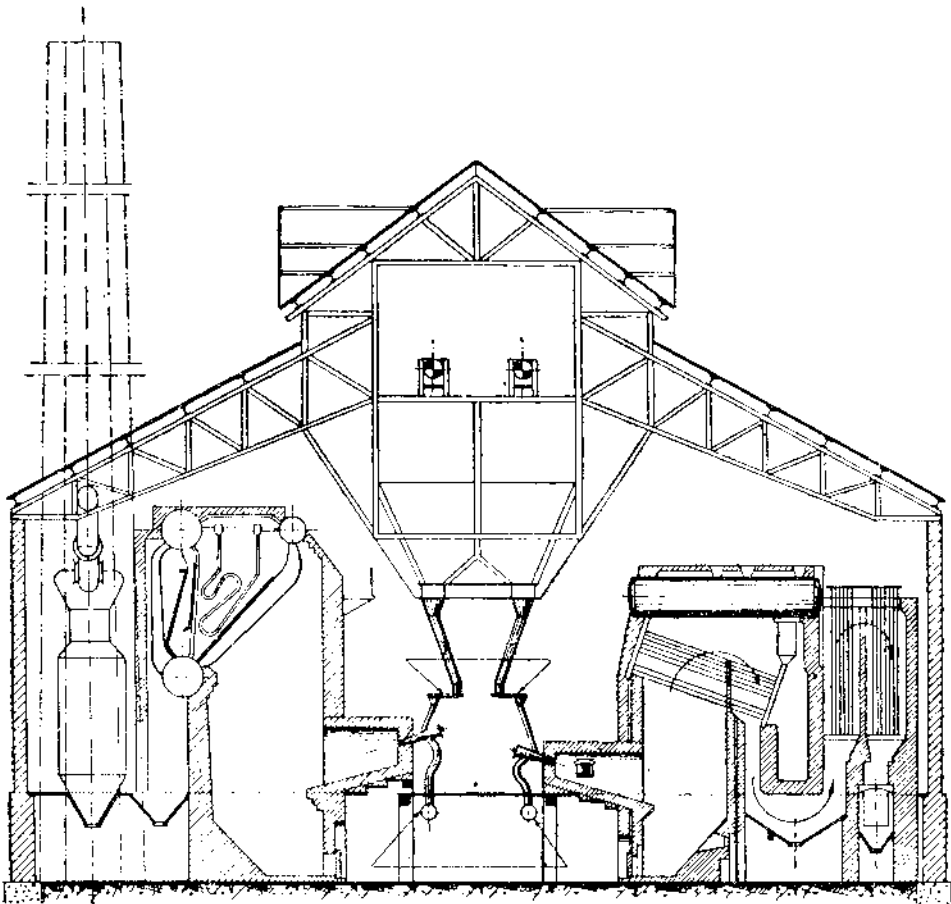
Фиг. 19. Korea „The Combustion Engineering Corporation“.



Фиг. 19—а. Котел „The Combustion Engineering Corporation“ (в плане).



Фиг. 20. Тонка типа „Fin Furnace“ на электр. станции „Сабокля“.



Фиг. 21. „Foyer avec chambre à moufle“ фирмы „La Combustion Rationnelle“.

Совершенно новый котел пропагандирует фирма „The Combustion Engineering Corporation“ в котором факел окружен поверхностью нагрева со всех 6 сторон, а пыль вместе с подогретым воздухом вдувается по углам топки, создавая вихревые движения и достигая хорошего перемешивания ее с воздухом. Зола удаляется после завершения процесса горения (фиг. 19).

Такое исключительно полное экранирование стен топочной камеры при некоторых сортах углей может оказаться совершенно неприемлемым, вследствие возможного понижения топочной температуры.

Из-за последнего обстоятельства, часто передняя часть топки (там, где происходит процесс воспламенения и где в большом количестве через кладку подводится вторичный воздух), иногда не экранируется и, таким образом, вся топка как бы подразделяется на 2 части: в одной происходит только воспламенение пыли и выделение золы из факела, в другой — догорание и теплоизлучение (фиг. 20).

Еще более резкое разделение этих процессов достигнуто в топке фирмы «La Combustion Rationnelle» — «Foyer avec Chambre à moufle» (фиг. 21) — для тонких углей большой зольности.

В этой топке, подобно прежнему типу, применен принцип создания вихревых движений воздуха, приводящий к сокращению продолжительности горения пылинки.

Фирма указывает, что при начальной скорости воздуха в 25 метров/сек. и длине пламени до 6—7 метров, в такой топке всегда будет происходить полное сгорание. Воздух вдувается, приблизительно, в количестве $\frac{1}{3}$ необходимого для горения, а остальное количество его поступает через боковые отверстия предтопка.

Последний должен быть тем больше, чем меньше летучих содержит топливо.

Влияние зольности и шлаков. Оценка типов топочной камеры, помимо соображений о создании в ней наиболее благоприятных условий для процесса горения и для подвода воздуха, может быть сделана только после изучения вероятного поведения в топке золы и шлаков и характера их влияния на обмуровку.

Высокая температура плавления кирпича и его огнестойкость (отсутствие появления трещин, оплавлений, губчатости, откалываний) еще не определяют собой его поведения в камере для сжигания пыли.

Выше было отмечено, что зольность при сжигании пылевидного топлива оказывает на процесс горения значительно меньшее влияние, чем при сжигании кускового: во-первых, доля теплопроизводительности топлива, затрачиваемая на нагревание и плавление золы, ничтожна (составляет ок. 7,7% при зольности в 50%); во-вторых, наличие многочисленных нагретых зольных пылинок в топке может действовать процессу горения и сыграть до известной степени поло-

жительную роль. При зольном топливе следует лишь несколько увеличить тонкость помола, что легко компенсирует ухудшение горения.

Вопрос о шлаках имеет огромное значение, и с этой стороны влияние зольности на работу топки может быть очень велико.

В зависимости от свойств шлаков, выбираются меры для борьбы с ними.

В том случае, когда шлаки застывают по выходе из факела, различают 2 вида их: пылевидные, летучие шлаки или мелкие песчано-видные. Первые, по своим свойствам, подобны летучей золе, а потому и борьба с ним должна вестись путем улавливания в пределах топки и дымоходов. Вторые оказывают на топку иное действие. Они разбрасываются по сторонам и вредят обмуровке, действуя разрушающе на кирпич, подобно песчаной струе. При таких шлаках: большой объем камеры, незначительные скорости топочных газов и свободное движение пламени — лучшие средства борьбы с ними.

Если выпадающие из факела жидкие шлаки не затвердевают, то, в большинстве случаев, при попадании на стенки, они текут в расплавленном виде вниз, иногда проникая в поры кирпичей и вступая с ними в химическое взаимодействие. Борьба в этом случае ведется, с одной стороны, путем выбора такого химического состава кирпичей, при котором разъедающее действие жидких шлаков исключается, с другой, принятием мер для охлаждения шлаков и экранирования хотя бы частично, стенок и пода топки.

Внутренность камеры с таким экранированием (на электрической станции в Vitru при котле 1600 м³) показана на фиг. 12.

Особенно нежелательно попадание летучих капель расплавленных шлаков на поверхность котла, так как при этом они налипают на трубы и ухудшают теплопередачу.

Большой объем камеры в целях уменьшения скорости топочных газов — лучшее средство борьбы с этим явлением.

Фирмой „La Combustion Rationnelle“ применяется вдувание воздуха для создания вихрей, которые как бы вырывают капли шлаков из пламени и вместе с тем охлаждают их ниже температуры плавления. Этот прием, повидимому, также дает при жидких шлаках удовлетворительные результаты.

Наиболее затруднительна борьба с текучими, но вязкими шлаками, которые плохо стекают со стен топки, образуя как бы шлаковую облицовку внутри. При накоплении на сводах, в виде сосулек, уступах или под кладкой, такие шлаки начинают затвердевать. После охлаждения топки удалить их без повреждения кирпичной кладки невозможно.

Борьба с таким явлением ведется, прежде всего, путем изменения свойств шлаков:

а) превращением их в твердое состояние еще до того момента, как они слиплись в тягучую массу; особо тонкий помол, большая камера и сильное охлаждение воздухом — средства к этому.

б) понижением температуры плавления, при помощи добавления

к углю химических примесей (например, известняк). Присутствие глины и кремневой кислоты повышает температуру плавления и делает вязкие шлаки особенно трудно удаляемыми. С увеличением в них содержания известняк и окиси железа температура плавления понижается.

В топке «Delbag Druck-Feuerung» образование вязких шлаков, по мнению конструктора ее, невозможно: все они, охлажденные вторичным воздухом, выпадают из факела вниз уже в твердом состоянии, иногда «гранулируются» в большие зера.

Облегчает борьбу со шлаками и золой вертикальное направление факела вниз, что содействует их выпадению в зольные воронки.

Самым радикальным средством для борьбы со шлаками, особенно, если они вступают в химические соединения с топкой, является возможно полное экранирование стенок обмуровки.

Приведенный выше краткий обзор конструкций топочных камер выявил значительное разнообразие типов.

В виде примера ниже приводится таблица с указанием теплонапряжения для наиболее распространенных камер.

Род топки.	Котел.	Напряжение топочного пространства кал. м ³ /час.	Количество первичного воздуха в % от теоретического.
AFG	Борзиг камерный.	130—140.000	около 35 - 40%
•	Борзиг вертикальный.	140 - 150.000	•
Lopulco	Борзиг камерный.	110—120.000	15%
Бабкок	Секционный Б и В.	130—140.000	—
Orange	„	225 - 250.000	10%
La Combustion rationnelle	•	130 - 140.000	35%
Bailey	Бабкок и Вилькокс.	350.000	80%
Delbag Druckfeuerung.	—	600 - 700.000	15%

Топка для торфяной пыли.

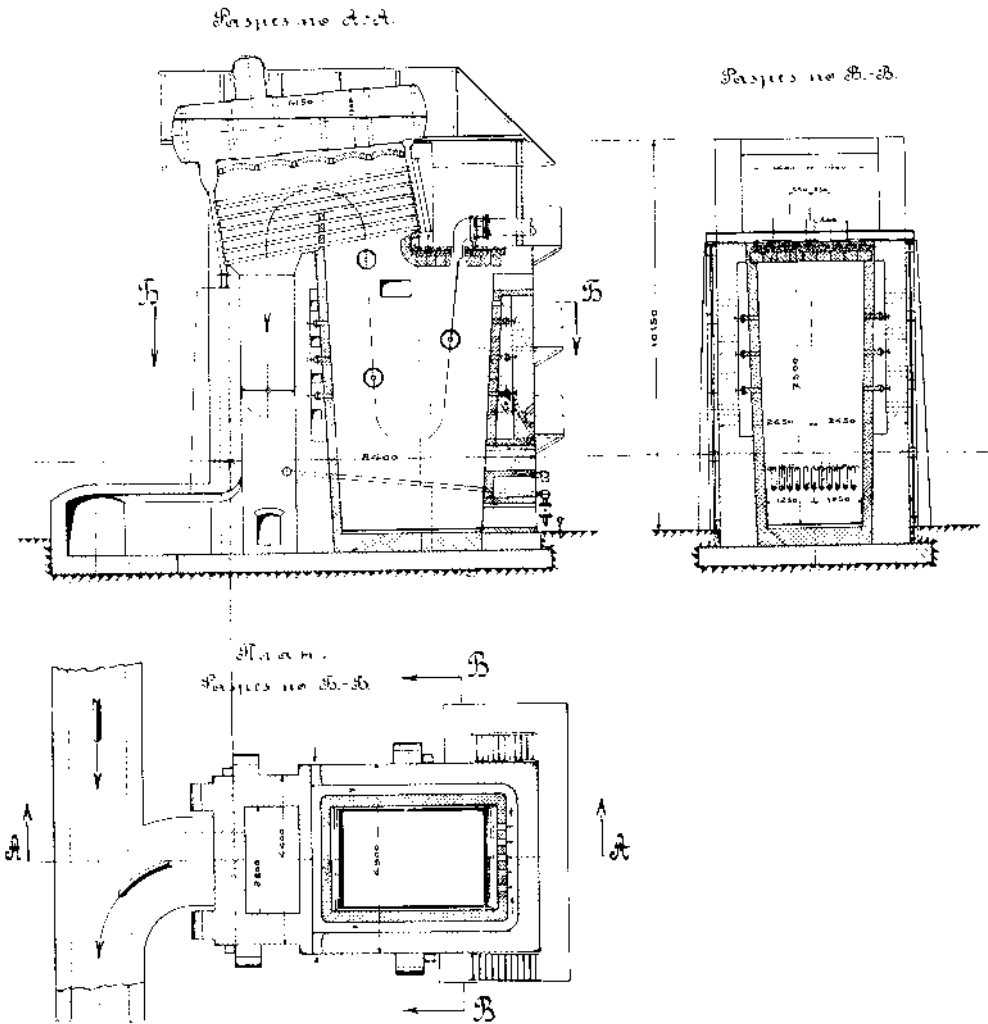
Произвести выбор камеры для торфяной пыли раньше производства необходимых опытов трудно. Можно только наметить, какую конструкцию применить наиболее желательно.

Полное, или почти полное экранирование топки, как дорогое и не надежное себе пока применения в европейской практике, при торфе не является безусловно необходимым, хотя несомненно, что устойчивость горения торфяной пыли широко позволит предохранить таким путем стенки камеры от высокой температуры.

Низкая температура плавления и малая вероятность разедания кирпичей торфяными шлаками позволяют ограничиться более скромными мероприятиями.

Но всей вероятности, устройство одного лишь экрана для гранулирования падающих шлаков в нижней части топки окажется достаточным.

Камерная топка с поперечным подводом воздуха (Fuller, Lopusco) с фронта топки при вертикальном направлении тельмени вниз, вероятно, окажется достаточно способной бороться с шлакованием.



Фиг. 22.

Опытный котел на торфяной пыли на заводе Гидроторфа.

Такая топка для торфяной пыли при котле «Симонс» с водяным экраном установлена на заводе Гидроторфа при Государственной Электрической Станции имени Р. Э. Класона и в октябре 1926 г. пущена в ход (фиг. 22).

III. Подача пыли в топку.

При первых попытках сжигать угольную пыль подача ее в топку производилась при помощи механических устройств: вращающихся щеток, шнеков, особых барабанов и т. д. Еще теперь, при одном котле на брикетной фабрике в Rodder-grube, близ Кельна, угольная пыль на-

сыпается в топку обыкновенным шнеком. Такая установка является чуть ли не единственным исключением, так как всюду пыль вводится теперь в топку при помощи струи воздуха.

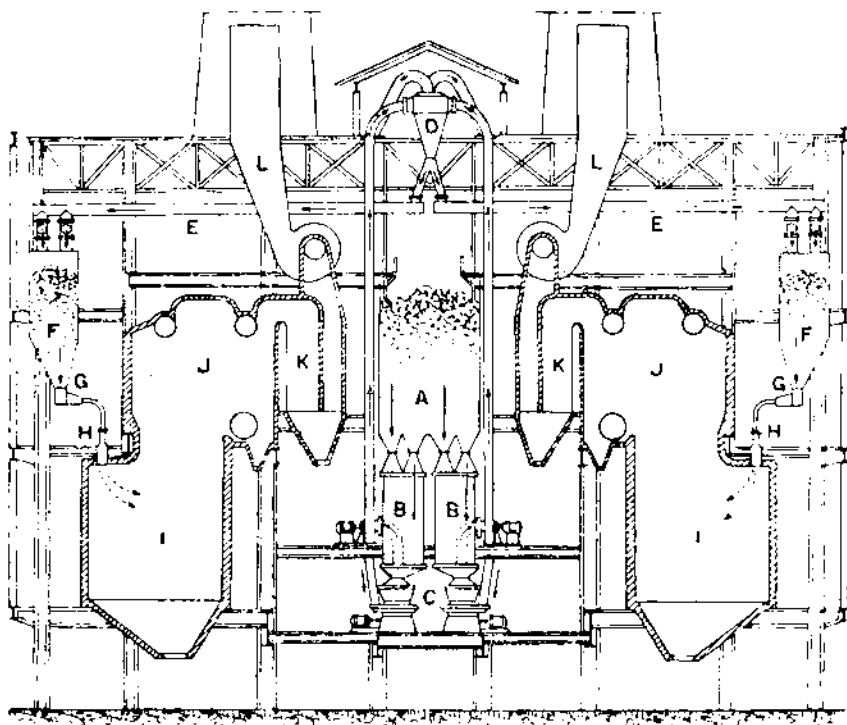
Различают 2 категории установок:

а) С централизованным производством пыли.

б) С размолом топлива в индивидуальных аппаратах.

Подача пыли
в топку в уста-
новках с цен-
трализован-
ным размолом.

В установках с централизованным приготовлением пыли размол производится в 2—3 мельницах большой производительности, после чего пыль распределяется по бункерам, расположенным при паровых котлах. Примером такой установки — новая котельная электрической станции Genne-Villiers (Париж) — фиг. 23.



Фиг. 23. Разрез котельной ст. станции Genne-Villiers (Париж)

A — Бункер кускового угля.

B — Сушилки.

C — Мельница.

D — Циклон.

E — Шнек.

F — Бункера для пыли.

G — Шнековые питатели.

H — Форсунки Лориссо.

I — Топочные камеры (плакониый экран не показан)

J — Котлы Laaffa.

K — Экономизеры.

L — Дымовые трубы.

Устройство для подачи пыли состоит из следующих частей:

а) подвижных приспособлений для выгрузки пыли из бункера (питатели);

б) вентилятора или компрессора для подачи воздуха;

в) смесителя, в котором пыль смешивается с воздухом;

г) форсунок

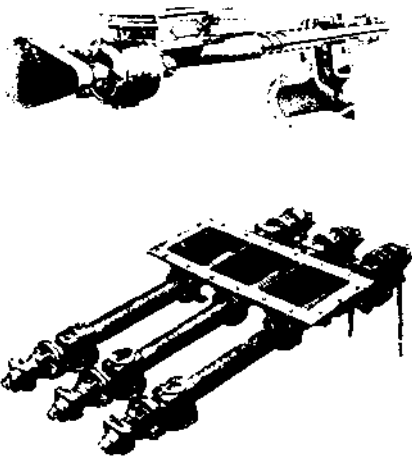
Подавщее приспособление, с одной стороны, должно работать надежно и без отказа, непрерывно подавая пыль, с другой, должно иметь приспособление для точной дозировки ее.

Возможность раздельно регулировать дозировку пыли и воздуха до поступления в точку составляет одно из преимуществ централизованной системы производства пыли.

Многочастные устройства для разгрузки бункеров: трясуны, тарельчатая подача, вращающиеся клапаны — не выдержали конкуренции с подачей при помощи простых шнеков, которые получили повсеместное применение, вследствие своей исключительной простоты и способности не забиваться пылью во время работы.

Шнековые устройства фирмы «Fuller» изображены на фиг. 24.

Шнеки всегда делаются определенной длины для того, чтобы воспрепятствовать продавливанию пыли из бункера от собственного веса. Некоторые сорта угольной пыли обладают способностью вытекать через шнек даже в тех случаях, когда он стоит неподвижно. Отсюда необходимость задвижки между бункером и дружной коробкой.



Фиг. 24. Шнековые устройства Fuller'a.

При больших скоростях шнеки посыпают пыль производителем почти непрерывно и равномерно.

При малых числах оборотов она идет точками.

Во избежание этого явления фирма «Fuller & Ziegler» строит двойные шнеки на каждой питатель, при чем ходы винтовой линии в них сдвинуты относительно друг друга на 180° (фиг. 25).

Шнеки Fuller'a строятся для следующих производительностей:

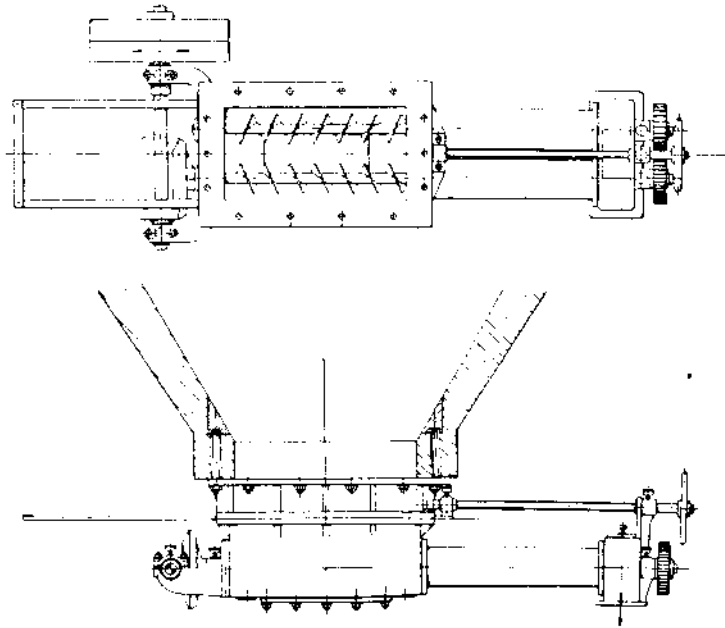
Таблица 2.

Диаметр шнека в мм.	Производительность в кг/час.	
	Без регулировки.	С регулировкой.
50	175	40
75	340	120
100	1075	280
125	1675	450
150	2650	700

Пыль падает в точку в двойных шнеках равномерно и равномерно, а изменение числа оборотов их довольно точно меняет количество подвдвмаемой пыли.

В питателях Quigley (фиг. 26) регулировка подачи производится путем уменьшения сечения выходного отверстия для пыли, а сам шнек вращается с постоянным числом оборотов.

Регулировка скорости вращения шнеков достигается либо механическим путем (трущиеся диски, коробки скоростей, ступенчатые шкивы), либо изменением числа оборотов мотора.



Фиг. 25. Питатель фирмы „Fellner & Ziegler“.

В последнем случае применяются электромоторы постоянного тока, позволяющие производить легкую регулировку. (Электрическая станция в Вевегу — Франция).

б) Подача воздуха.

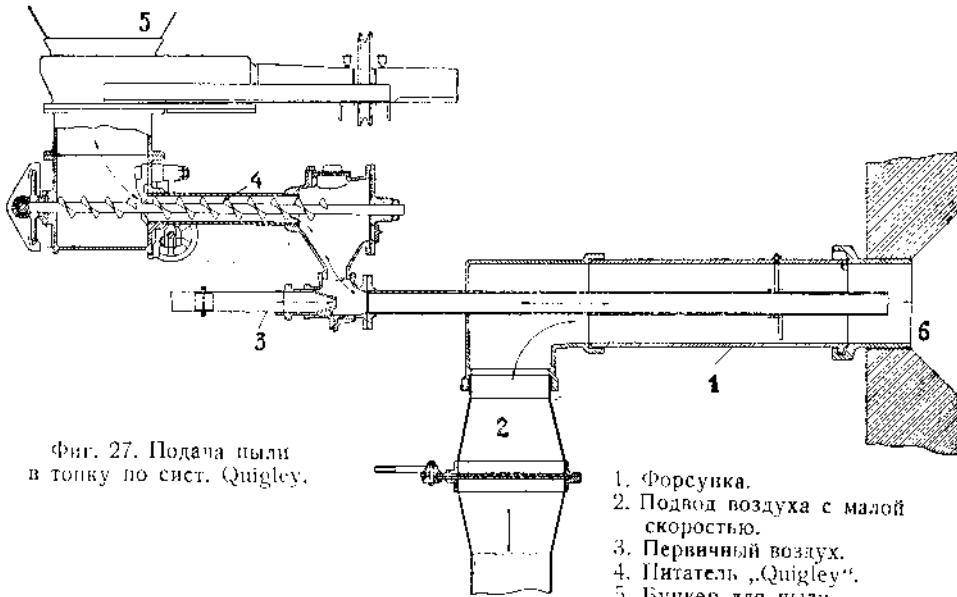
Большинство современных топок подают первичный воздух от вентиляторного дутья. Применение для этой цели компрессоров с давлением воздуха в 2,5 — 7 атмосфер, все уменьшается, вследствие больших скоростей пыли, получаемых в топке, и необходимости обеспечить громадные размеры камеры, чтобы вместить длинный факел.

Компрессорное дутье применяется пока в системе «Quigley» (фиг. 27).

Давление воздуха при вентиляторном дутье составляет всего 25 — 350 мм. водяного столба и устанавливается в зависимости от выбранной скорости пыли при входе в топку: в установках с централизованным размолотом имеется полная возможность эту скорость понизить. В топках паровых котлов иногда понижают ее до 2 метров в секунду.

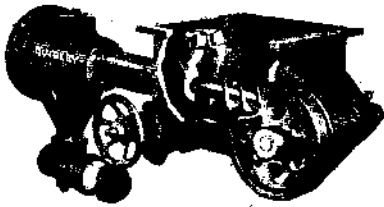
Подача пыли путем засасывания ее вентилятором применяется редко, так как в этом случае наблюдается большой износ лопаток рабочего колеса, и, кроме того, частицы пыли, благодаря действию

центробежной силы, отбрасываются к наружной поверхности труб, и распределение ее по сечению пылепровода получается неравномерным.

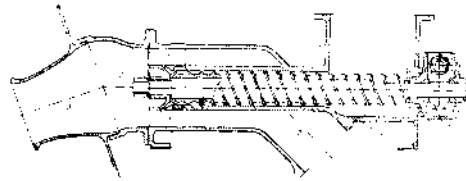


Фиг. 27. Подача пыли в точку по сист. Quigley.

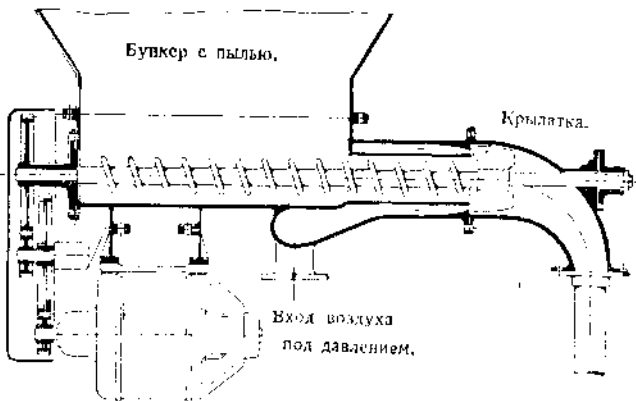
1. Форсунка.
2. Подвод воздуха с малой скоростью.
3. Первичный воздух.
4. Питатель „Quigley“.
5. Бункер для пыли.
6. Вход пыли в точку.



Фиг. 26. Питатель сист. „Quigley“.



Фиг. 28. Питатель AEG.



Фиг. 29. Питатель „Lorulco“.

саженной на ось шнеков (фиг. 28 и 29).

Имеются более сложные конструкции для лучшего перемешивания пыли с воздухом, но необходимость в их применении весьма сомнительна.

В целях лучшего перемешивания воздуха с пылью, некоторые фирмы (Lorulco, AEG) устанавливают при шнеках специальный смеситель, представляющий собой небольшую камеру, в которой происходит постоянное разбрасывание пыли при помощи крылатки, на-

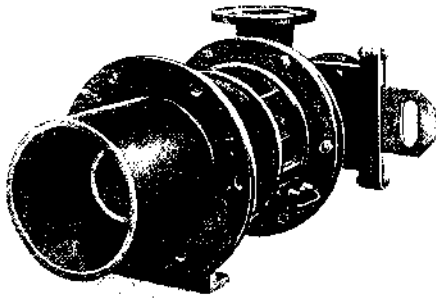
в) Перемешивание первичного воздуха с пылью.

Самый простой тройник, в вертикальный патрубок которого сверху насыпается пыль, будет служить вполне достаточным смесителем, если к нему подвести струю воздуха в один из горизонтальных патрубков и если принять меры для того, чтобы воздушная струя не получила доступа к верхнему отверстию. Путем одного-двух поворотов пылепровода можно получить дальше прекрасное перемешивание пыли с воздухом.

г) Форсунка.

При тех незначительных начальных скоростях пыли в камере сжигания, к которым приходит современная точная техника (загнетается вместе с пылью примерно 10% всего количества воздуха, пужного для горения), вопрос о предварительном перемешивании струи перед входом в форсунку не имеет особого значения.

Способ подвода вторичного воздуха до недавнего времени решается в большинстве форсунок очень просто.



Фиг. 30. Форсунка Fuller'a.

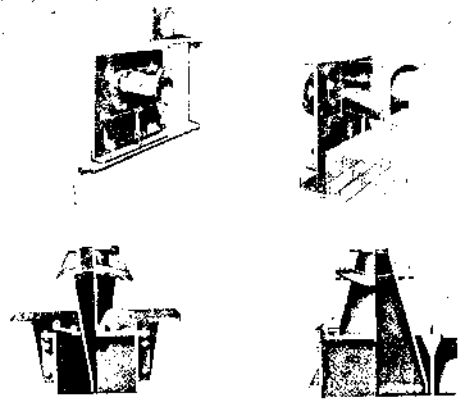
При нормальных условиях точного режима количество вторичного воздуха не регулируется вовсе, а для первоначальной установки служат грубые приспособления (фиг. 30 и 31).

В распространенной форсунке „Lorilco“ (фиг. 32) первичный воздух составляет 15%, а вторичный -10% от теоретического, засасывание вторичного воздуха происходит за счет эжекционного действия сначала (в 1-й камере) струи первичного воздуха, а затем за счет такого же действия вышедшей из 1-ой камеры смеси.

Необходимость таких приспособлений, удорожающих форсунку, не вполне ясна.

Фирма «The Grindle Power Co» устанавливает в самом пылепроводе у входа в форсунку крыльчатое колесо, которое вращается, перемешивая воздух и пыль. При относительно незначительном количестве первичного воздуха необходимость таких устройств сомнительна.

Нужно отметить, что чрезмерное уменьшение расхода первичного воздуха (ниже 10% от теоретического) нежелательно, так как в этом



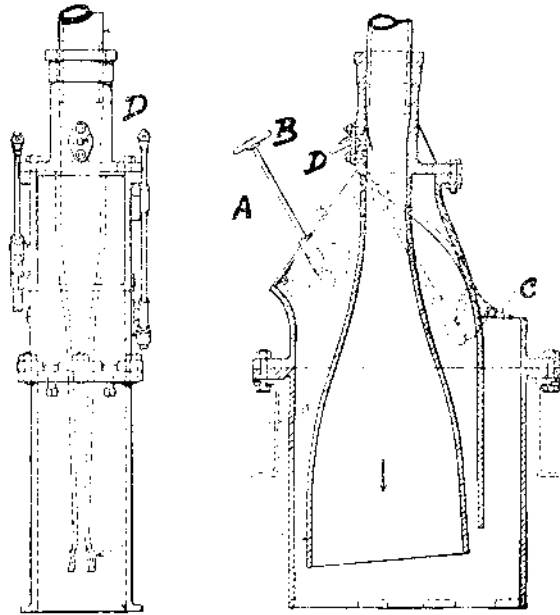
Фиг. 31. Плоская форсунка Fuller'a.

случае происходит сильное нагревание форсунок, к которой могут налипать частицы кокса, образующие небольшие комки, время от времени срывающиеся с места и не успевающие сгореть в тонке котла. (Такое явление можно заметить при работе форсунок Loricco на станции Genne-Villier - Париж).

При малых скоростях первичного воздуха, вероятно, необходимо водяное охлаждение форсунок.

Большее влияние на работу в установках с централизованным размолом оказывает число форсунок и форма струи.

При всяком движении пыли желательнее распределять форсунок по ширине котла возможно более равномерно. Если при этом они поставлены вертикально и дают плоское пламя, параллельное фронту котла,

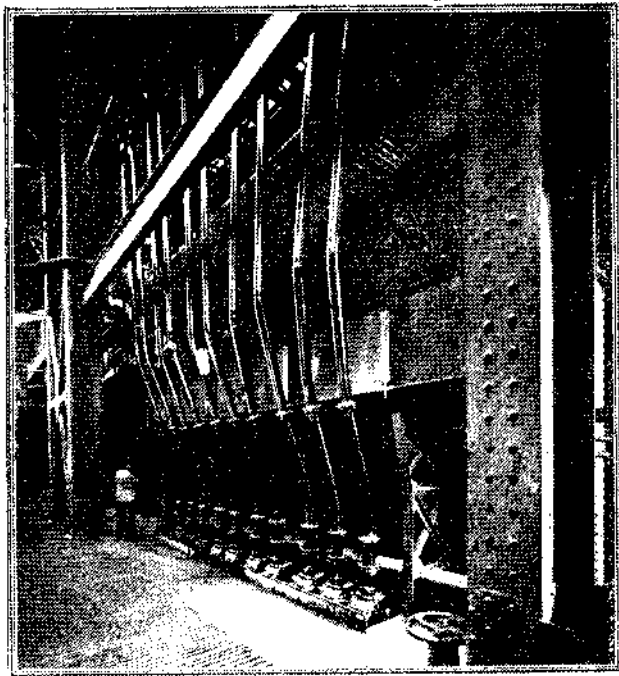


Фиг. 32. Форсунка „Loricco“.

то для смешивания его с третичным воздухом, который будет перерезать пламя в разных местах по ширине и высоте, создаются максимально благоприятные условия. Плоские форсунок „Fuller“ изображены на фиг. 31.

В этом отношении форсунок „Loricco“, повидимому, дают менее благоприятные условия, так как у них плоскость пламени перпендикулярна фронту тонки.

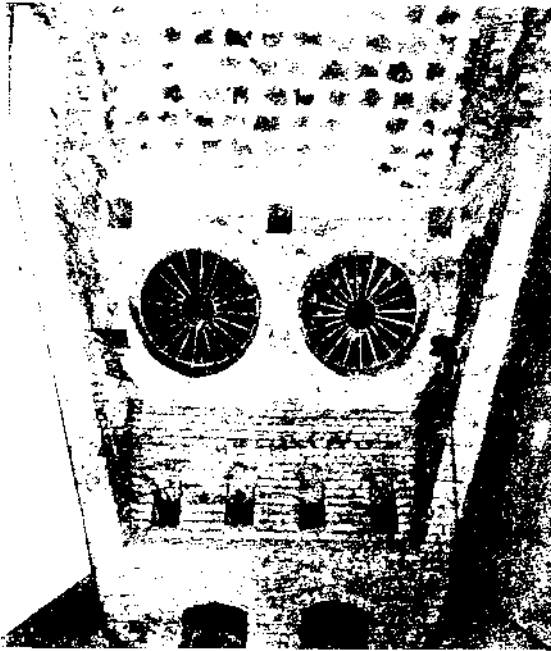
Пример расположения большого числа форсунок (10 штук) при котле 160 метров² на



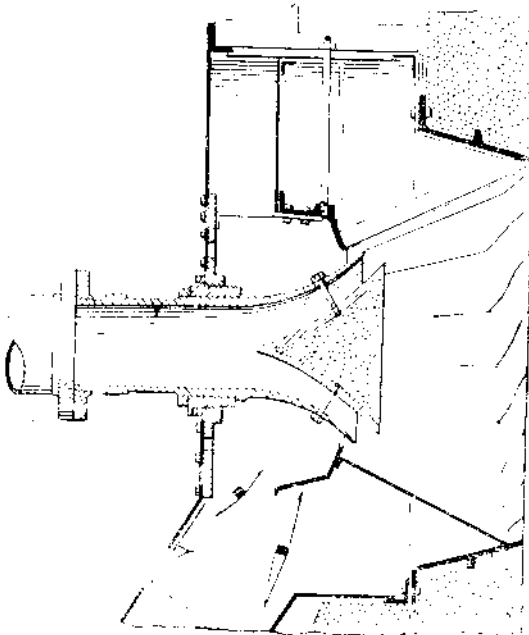
фиг. 33. Расположение форсунок на электр. стани „Vitry“.

электрической станции „Vitry“ (Париж) показан на фиг. 33.

В целях лучшего подвода воздуха, в топке стараются иметь большую производительность форсунок до 0,5—0,6 тонн пыли в час, хотя они строятся с производительностью до 3 тонн в час.



Фиг. 31. Внутренность топки „Bailey“



Фиг. 31—а. Форсунка „Bailey“ для создания турбулентной струи.

Расход энергии на вентилятор и вращение шнеков составляет примерно 2,5—киловатт час. тонну.

Способ подачи пыли при централизованных установках принадлежит к числу наиболее надежных и удобных: отсутствие мельниц в помещении котельной, раздельная дозировка пыли и воздуха, возможность подводить первичный воздух в топку в небольших количествах и проч. составляют настолько серьезные преимущества, что централизованные установки приобрели сейчас многочисленных сторонников. Новые громадные электрические станции в Rummelsburg (Берлин) и в S. Denis (Париж) оборудуются с централизованным размолотом.

Тем не менее, индивидуальный размол имеет также многочисленных сторонников и пользуется особым успехом во Франции и Бельгии, где его усиленно пропагандирует фирма „La Combustion Rationnelle“, строящая специальные для этого мельницы.

Из индивидуальных аппаратов пыль высасывается при помощи вентиляторов и нагнетается одновременно в несколько форсунок.

Расход первичного воздуха неизбежно должен быть больше, чем при центральных установках, так как в данном случае количество его определяется необходимостью транспортировать пыль. Распределяется он между форсунками не вполне равномерно; надлежащих средств для того, чтобы регулировать состав смеси перед входом в топку — нет. При индивидуальном размоле особенно важно хорошо перемешать воздух с пылью в топке. «La Combustion Rationnelle», как было указано раньше, применяет образование воздушных вихрей и тем самым уменьшает влияние указанных выше дефектов, связанных с неравномерным составом газовой смеси.

На электрической станции «Ashley Street Station»⁴⁾, где первичный воздух от вентилятора при мельнице подается в количестве 50—80% от теоретического, а вторичный — в количестве 15—20%, применены форсунки совсем особой конструкции (фиг. 34 и 34а).

В конструкциях «Bailey» перемешивание воздуха с пылью происходит не столько в топке, сколько в самой форсунке, которая имеет необычную форму, имеющую целью создать турбулентную струю.

Применение индивидуальных аппаратов особенно удобно при переходе существующих котельных на пылевидное топливо, когда влажность угля не превышает 12—15%.

Возможность обойтись без сушилок и без сравнительно сложного оборудования пылезаготовительной станции в этом случае позволяет произвести переход котельной на угольную пыль с малыми затратами. Стоимость оборудования котельной с производством пара в 150—160 тонн/час. в случае индивидуального размола дешевле оборудования централизованного производства пыли, приблизительно, на 15%.

При выборе способа подачи торфяной пыли в топку, необходимо помнить о легкой воспламеняемости торфа. С этой точки зрения, работа с незначительным количеством воздуха может быть даже опасной, так как при малом динамическом давлении в пылепроводе возможно выбрасывание в него пламени из топки.

В противоположность угольной, торфяная пыль загорается очень быстро; после прогревания камеры, пламя приближается к форсунке и уже по истечении полутора—двух часов имеет начало непосредственно 300—500 мм. между началом факела и форсункой, которая всегда бросается в глаза при сжигании угольной пыли, здесь совсем не заметно.

Для того, чтобы отдалить начало факела от форсунки, полезно увеличить количество вторичного воздуха, подаваемого вокруг нее. Воздух ухудшает теплопроводность облака пыли, благодаря чему горение начнется уже на некотором расстоянии от форсунки. Изменяя впуск вторичного воздуха в форсунку, можно легко удалить и прибли-

4) Power 16 III—26 г.

жать к ней факел и даже совсем потушить его при полном открытии окон и не вполне прогревшейся кладке.

Таким образом, форсунка для торфяной пыли должна пропускать через себя большее количество первичного воздуха, чем при сжигании угольной пыли (не менее 20—25%): подвод вторичного воздуха вокруг форсунки при этом безусловно желателен.

Подогрева первичного воздуха следует избегать.

Свойство индивидуальных аппаратов — давать большое количество воздуха вместе с пылью в данном случае недостатком не является, и применение их для торфа вполне возможно, если бы мельницы, употребляемые для индивидуального размола, не принадлежали в большинстве к чисто ударному типу, мало благоприятному для размола торфа.

Главный минус ударных мельниц — опасность взрыва — при размоле точки будет менее чувствителен, так как, в случае взрыва, волна газов будет выброшена главным образом в точку и там заглушена.

Целесообразность введения индивидуальных аппаратов для размола торфа подлежит некоторому сомнению еще и вследствие безусловной необходимости тепловой досушки торфа, которая по существу своему производится в централизованных установках. Иметь же централизованную сушку и не использовать при этом удобств централизованного размола вряд ли рационально.

IV. Общие замечания о работах Гидроторфа в области сжигания торфяной пыли.

Опыты по сжиганию торфяной пыли ведутся нами еще с 1923 года, когда для этой цели был использован один из котлов на Г. Э. С. имени Классона.

Для размола торфа применялась мельница «Koffino», в которую поступал предварительно раздробленный до кусков с размерами в 20 м/м. воздушно-сухой торф. Пыль вдувалась по длинному пылепроводу в обычную торфяную топку Степанова при котле Симониса № 1; топка по независящим от нас обстоятельствам должна была использоваться без всяких переделок.

Работа в таких условиях не могла дать каких-либо интересных цифровых данных; она впрочем выяснила нам малую пригодность мельницы «Koffino» для размола торфа. Мельница оказалась слишком малой производительности (она могла пропускать через себя не более 0,4 тонны торфа в час), расход энергии в ней достигал 90—100 квт/тонна и, наконец, загрузочное устройство часто забивалось при попадании крупных кусков торфа. Если в мельницу пропикали куски сырого торфа, происходило замазывание колосников, и мельницу приходилось останавливать.

Изучить горение пыли в топке Степанова не удалось, так как из-за несправной работы мельницы горение пыли приходилось часто прекращать.

В 1924 и 25 году мы производили опыты по сжиганию пыли в особом подземном туннеле от конвейера Humboldt при Г. Э. С. имени Классона в непосредственном соседстве с нашим заводом по искусственному обезвоживанию торфа.

Для сжигания применялась пыль, полученная после размол торфа в мельнице «Тевтония». Характеристика пыли, полученной в 1924 году приведена на фиг. 16-а моей статьи о размол торфа.

Сама по себе топка представляла собой камеру с сечением $2,5 \times 2$ метра длиной в 10 метров.

Пыль вдувалась в горизонтальном направлении через форсунку Fuller'a. Третичный воздух подводился через ряд отверстий в кладке, устроенных по всей длине факела. Газы от топки, предварительно разбавленные холодным воздухом, поступали на завод для использования в сушилке Круппа.

Наличие такой кустарной топки позволило нам осуществлять сжигание пыли уже в течение продолжительного времени. Была получена возможность приучить персонал к работе механизмов, к регулировке процесса горения и выяснить некоторые слабые стороны нашего оборудования. Само по себе горение оставляло желать лучшего: содержание углекислоты в газах не превышало 10-11%, наблюдался значительный механический провал несгоревшего углерода. Тяга была недостаточна (приходилось пользоваться имевшимся в наличии дымососом). Однако, эти опыты подтвердили возможность вести вполне устойчивый процесс сжигания торфяной пыли (остаток на сите 4,900 был ок. 80%) даже в такой примитивной топке, приучали к обращению с многочисленными механизмами пылезаготовительной станции (дробилки, сушилки, мельницы, транспорт пыли и т. п.) и дали возможность поднять вопрос о постановке для опытов специального котла.

Благодаря содействию МОГЭС'а в нашем распоряжении оказался барабан и 2 камеры от котла «Симонсе» с поверхностью нагрева в 300 мтр.², прежде входившего в состав оборудования Г. Э. С. имени Классона.

Из-за недостаточности средств мы ограничились приобретением только 100 штук кипячительных труб, которые составили нижний пачет труб котла (получился котел в 150 кв. мтр.), при чем примерно половину отверстий в камерах пришлось заглушить.

Котел установлен на открытом воздухе рядом с заводом искусственного обезвоживания торфа.

Топка камерного типа высотой в 5,5 метров с объемом в 4,3 мтр.³.

Для сжигания пока применяется пыль с остатком 40 (2.500), полученная в мельнице «Тевтония» и транспортируемая из завода в бункер котла при помощи пылеподачи системы «Киниол».

Несмотря на крупный размол, значительно превышающий таковой при сжигании угольной пыли, уже вскоре после пуска котла удавалось достигнуть хорошего горения.

Процесс в топке происходит вполне устойчиво, содержание углекислоты в отходящих газах удается поддерживать постоянным в течение весьма продолжительного времени (например, CO_2 — 15% и CO + 0 свыше 19,5 в течение 8 часов), заметного провала горючего или уноса не наблюдается. Анализ шлаков показал, что содержание в них углерода не превышает 1%.

Несмотря на работу с зольным торфом и отсутствие водяного экрана (таковой пока не поставлен), неприятных явлений в связи с шлакованием не наблюдается. Шлаки падают на под либо в гранулированном виде (твердые комки величиной с грецкий орех или еще крупнее), либо в виде мелких остывших капель, которые хотя и слегка сплавляются между собой, однако, легко рассыпаются от прикосновения кочегарного гребка.

Задняя и боковая стены топки после 100 часов работы покрылись чешуйчатым слоем шлака. Заметно довольно значительное оплавление кирпича на боковых стенах в верхней части камеры — там, где применялся кирпич марки «Прима», который в свое время пришлось не ставить за неимением другого лучшего качества.

Скорость первичного воздуха при выходе из форсунки была ок. 20 метров секунду.

Длина факела, считая от устья форсунки по вертикали вниз, была около 5 метров.

Теплонапряжение в топке обычно поддерживается около 110.000 кал./м².час.

Паронапряжение котла при температуре отходящих газов в 380° Ц. составляет ок. 40 кг./мтр.².час, т.-е. для котла «Симонис» превысило все известные цифры.

Опыты с котлом на торфяной пыли только начаты и в текущем году будут продолжаться.

V. Преимущества сжигания торфа в пылевидном состоянии.

**Затруднения
при сжигании
торфа на теп-
лых решетках.**

Разрешение задачи экономического сжигания под паровыми котлами больших количеств кускового торфа и достижение вместе с этим небывалого паронапряжения котлов, работающих на торфяном топливе, относится к 1921 — 22 году, когда впервые появились шахтно-цепные топки и стали известны блестящие результаты испытаний топки проф. Т. Ф. Макарьева.

Дальнейший период длительной эксплуатации выявил целый ряд обстоятельств, затрудняющих эксплуатацию котельной на цепных решетках, и показал, что и этот способ сжигания торфа еще очень далек от совершенства.

Торф, как известно, есть топливо крайне нестойкого состава. Практика районных электрических станций установила, что влажность его по отдельным месяцам колеблется от 20 до 50%. Не всегда постоянна зольность. Меняется состав летучих. Различно и количество мелочи.

Осуществить топку, которая должна давать необходимое тепло-выделение независимо от качества поступающего в нее торфа, представляет одну из главных задач торфотопочной техники.

До настоящего времени задача эта не разрешена.

Процесс сжигания кускового торфа в современных топках протекает в следующих стадиях:

1) Теплопоглощение:

а) сушка

б) генерирование газа и получение кокса (или полуккокса).

2) Тепловыделение при сжигании кокса и газа. Последнее всегда в присутствии выделившихся при сушке водяных паров.

Шахтопечная топка стремится осуществить две первые операции в предтопках (шахта, наклонная решетка); собственно же в топке производится сжигание не столько самого торфа, сколько продуктов распада его: кокса - на решетке, газов - в топочной камере.

Первая операция - сушка происходит в явно невыгодных условиях:

а) Сушке подвергаются крупные куски торфа, с малой поверхностью испарения.

б) Куски эти расположены по сечению шахты неодинаково, а потому и нагреваются и омываются просасываемым воздухом различно.

в) Источник тепла (лучистая теплота и очаг горения впереди шахты, подогревающий просасываемый сквозь шахту воздух), оказывается недостаточным для того, чтобы испарять значительные количества влаги, особенно при понижении температуры в топке из-за введения в нее больших количеств паров.

г) Малая продолжительность сушки, уменьшающаяся с увеличением нагрузки котла.

На предтопок, являющийся крайне несовершенной сушилкой, возлагается задача сушить торф различной влажности. Например, при котле с поверхностью нагрева в 1000 метр.², для получения постоянной паропроизводительности в 40000 кгр. пара в час нужно вводить в топку примерно 10000 кгр. торфа с влажностью в 25%, или около 15000 кгр. с влажностью в 50%.

В первом случае должно быть испарено 2,5 тонн воды в час, во втором - 7,5 тонн час. Очевидно, что от 2-х предтопков при этом требуется производительность, соответствующая крупным хорошо оборудованным сушилкам.

При настоящей конструкции предтопок с задачей не справляется: куски недосохшего торфа надают на решетку, уменьшая ее активную поверхность и значительно понижая тепловыделение, а с ним и паропроизводительность котла.

Во время парадных Шатурских испытаний в 1922 году влияние влажности торфа на паропроизводительность котла сказалось следующим образом:

Таблица VIII.

№№ и дата опытов.	Влажность торфа в %.	Средний часовой расход торфа в кг/час.	Среднее часовое тепловыделение в калор.	Средняя часовая паропроизводительность 1 м ² поверхности нагрева в кг.
VIII. 9 XI—1922 г.	26,0	4615	17,1.10 ⁶	55,0
IX. 9 XI—1922 г.	36,5	4110	12,8.10 ⁶	40,9
X. 11 XI—1922 г.	45,77	3951	10,0.10 ⁶	32,3

Мощность котла изменялась почти обратно пропорционально влажности сжигаемого торфа.

Невозможность сохранять постоянную мощность без переделок в топке при переменном составе торфа требует наличия в торфяной котельной постоянного довольно значительного резерва в котлах.

Одной из мер по увеличению мощности топки при поступлении в нее влажного торфа сейчас служит применение усиленного горячего дутья.

Когда в топку попадает более сухой торф, горячее дутье становится вредным и тогда необходимо выпускать из котельной сравнительно горячие газы. (Эти газы не могут быть использованы для подогрева питательной воды, так на современных станциях обычно применяется регенерация тепла). В результате придется считаться с повышением к. п. д. котельной при сухом торфе.

Вторая задача — дальнейшее нагревание торфа и генерирование газа, поскольку выполнена сушка, разрешается в предтопке удовлетворительно. Успешному протеканию процесса мешает все же наличие крупных кусков торфа.

Поскольку предтопок довел торф до состояния распада, постольку соответственно сжигание и сводится к горению газа и кокса.

Решетка нагружена не меньше, чем при работе на каменном угле, при чем, при сжигании торфа и пользой его газификации, на активную поверхность решетки сразу поступают раскаленные куски кокса, и нагревание металлических частей будет более значительным, чем при сжигании каменного угля без предтопка.

Охлаждение решетки прасасываемым воздухом явно недостаточно и связанное с чрезмерным нагревом удлинение ведущих цепей, расшатывание соединений, перекашивание цепи, задевание крайних колосников за раму — неоднократно служили причиной поломок и выхода котлов из строя.

Значительная нагрузка от столба торфа на сильно нагретую часть решетки под шахтой была иногда причиной прогибания роликов и провисания цепи.

Общезвестна невозможность успешно работать на цепных решетках, когда зольность торфа превышает 10—12%.

Принимая во внимание необходимость значительного ремонта

решеток нормальный процент резерва для ремонта в котл при сжигании малоугольного кускового торфа нужно считать равным 30%.

Указанные выше затруднения с эксплуатацией торфяной котельной на шахтоцепных решетках требуют большой работы по улучшению конструкций решетки, камеры, предтопка, применения горячего дутья и т. д.

С другой стороны, общепризнанные успехи сжигания угля в виде пыли естественно наталкивают на возможность применения торфа в качестве пылевидного топлива.

Преимущества при сжигании пылевидного торфа.

При превращении кускового топлива в пыль достигается прежде всего увеличение поверхности нагрева топлива и поверхности для испарения воды, выхода летучих, для окисления и теплоизлучения.

Уменьшение веса отдельных частиц и довольно значительное трение, создаваемое при движении в воздушной среде, дают возможность удерживать их на весу в воздухе, в течение того времени которое необходимо для того, чтобы все горючие части успели выгореть раньше, чем пылинка достигнет поверхности нагрева или пода камеры.

Размер зерен такой пыли в поперечнике составляет от 16 до 114 мк., при чем наружная поверхность, приходящаяся на 1 мм³ объема, приблизительно равна ок. 100 мм² мм³.

В существующем кусковом торфе:

	Машинноформованной,	Гидроторф.
Размеры сырого кирпича	133 - 133 - 356 мм.	ок. 180 - 150 - 350 мм.
Объем сырого кирпича	6,3 · 10 ⁶ мм ³ .	9,5 · 10 ⁶ мм ³ .
Объем высохшего до 30% кирпича .	2,8 · 10 ⁶ мм ³ .	1,4 · 10 ⁶ .
Наружная поверхность одного кирпича примерно	0,132 · 10 ⁶ мм ² .	0,10 · 10 ⁶ .
Наружная поверхность на 1 мм ³ . .	0,017 · мм ² мм ³ .	0,07 мм ² мм ³ .
Число пылинок в 1 кирпиче примерно	ок. 1,5 · 10 ¹⁰	ок. 0,75 · 10 ¹⁰
Наружная поверхность 1 кирпича в распыленном виде будет порядка .	2,3 · 10 ⁸ мм ² .	1,65 · мм ² .
Наружная поверхность на 1 мм ³ кирпича в распыленном виде	82 мм ² мм ³ .	118 мм ² мм ³ .
Увеличение наружной поверхности против кускового торфа	1750 раз.	1700 раз.

Благодаря взвешиванию частиц в воздухе и значительному расстоянию между ними происходит хорошее перемешивание пылинок с воздухом и газами.

Отсюда легкая воспламеняемость топливной пыли, возможность широко регулировать и форсировать горение при более легком обслуживании и сокращенном количестве персонала.

Паронапряжение водотрубных котлов большой мощности при щелочной решетке в эксплуатационных условиях составляет сейчас в среднем 35 кгр.м² час.

При переходе на торфяную пыль он возрастает до 50 — 65 кг. м²/час.

При сжигании торфа в виде пыли, совершенно отпадает вопрос о колебаниях влажности в нем, так как в топку попадает только высушенный до 10% влажности торф. Необходимость резерва в котлах, на случай колебаний в рабочем составе торфа при сжигании торфяной пыли отпадает.

Более совершенное сжигание торфа с меньшим содержанием влаги обеспечивает увеличение коэффициента полезного действия котельной.

Ослабление влияния влажности на процесс горения обеспечивает удешевление ухода за котлами: в современных станциях с ценными решениями—1 кочегар обслуживает топку одного котла; в установках на угольной пыли 1 кочегар обслуживает 2 котла.

Возможность быстро поднимать пар и наоборот быстро прекращать тепловыделение в топке — одно из ценных свойств для эксплуатации, особенно электростанций — присуще только топкам на пылевидном торфе.

Отсутствие нагрева движущихся металлических предметов топочной гарнитуры, большая надежность в работе и сокращение простоев у котлов на пыли, дают возможность сократить резерв в котлах по крайней мере вдвое. На электрической станции в Comines с 1921 года по январь 1926 года капитальный ремонт топок на пыли ни разу не производился. На электрической станции в Senne-Villiers с момента пуска котлов на угольной пыли (сентябрь 1925 г.) до января 1926 г. — не было ни одного случая выхода котлов из строя по причине ремонта.

При сжигании пыли удешевляется ремонт. Срок службы кладки составляет около 16 — 20.000 часов. Срок службы изнашиваемых частей в мельницах около 3.000 часов в среднем.

Гигиенические преимущества безусловно на стороне торфяной пыли, при которой исчезает копоть и сажа и становится совсем легкой вообще тяжелая работа кочегара.

Наконец, при пылевидном топливе все управление котельной может быть централизовано в одном месте и сведено к перемещению рукояток электрических механизмов.

VI. О целесообразности превращения кускового торфа в пылевидный.

**Возражения против раз-
мола кусо-
вого торфа.**

Всякий раз, когда возникает вопрос о целесообразности сжигания торфа на наших электрических станциях в виде пыли приходится слышать одни и те же возражения, сущность которых сводится к следующему:

1. Капитальные затраты на оборудование пылезаготовительной станции будут настолько велики, что экономия топлива от повышения к. п. д. котельных агрегатов не покроет добавочного расхода на амортизацию, вызванного удорожанием оборудования.

2. Эксплуатационные расходы будут выше, чем при сжигании торфа на ценных решетках, так как:

- а) дробление кускового торфа потребует огромного расхода энергии;
- б) расход энергии на размола также будет слишком велик, и
- в) сушка будет стоить очень дорого и повлечет за собой значительную потерю торфа вследствие уноса пыли из сушилок (не менее 10%).

Приведенные соображения часто считаются достаточными для того, чтобы отмахнуться от поднимаемого нами вопроса и продолжать довольствоваться эксплуатацией котельных на ценных решетках.

Между тем оценка выгода от перехода котельной на пылевидное сжигание может быть сделана правильно лишь после того, как будут выяснены все выгоды от такого переоборудования, которые далеко не исчерпываются повышением коэффициента полезного действия котельной.

Ниже приводятся ориентировочные подсчеты по определению стоимости пара в котельной на ценных решетках и на торфяной пыли.

В основу их положены цифры расходов энергии, которые установлены зарубежной практикой или получены экспериментально.

Нами установлен наиболее простой и дешевый способ дробления кускового торфа воздушной сушки.

Дробление торфа.

Способ этот заключается в применении для означенной цели обыкновенной достаточно сильной мельницы молоткового типа (Мельница Airina).

Как установлено продолжительной эксплуатацией, дробление торфа с влажностью в 30-40% в дробилках данного типа происходит вполне успешно: наиболее крупные зерна торфа после дробления имеют 9 мм. в поперечнике и при этом:

- а) около 60% общего количества дробленного торфа проходит сквозь сетку с 20 отверстиями на 1 кв. см;
- б) около 15% — сквозь сетку с 42 отверстиями на 1 кв. см;
- в) около 15% — сквозь сетку с 225 отверстиями на 1 кв. см.

Производительность дробилки могла быть свободно доведена при наших опытах до 8 тонн торфа в час, при чем эти цифры несомненно не является предельной и может быть еще повышена.

Расход энергии на 1 тонну дробленного торфа при вышеуказанной степени дробления составляет:

при нагрузке около 8 тонн/час . . . 2,1 квч тонна

 " " " " 6 тонн/час . . . 3,2 квч тонна.

Дробилка работает вполне устойчиво, без перебоев и совершенно спокойно, несмотря на попадание в нее кусков шня, а подчас даже и кусков металла.

Все это заставляет нас считать, что вопрос о дроблении кускового торфа является разрешенным.

Для дальнейших подсчетов расход энергии на дробление принят равным 3 квч тонна.

Размол торфа. На основании наблюдения за длительной работой мельницы «Teutonia» мы могли констатировать расход энергии 20 квч/тонну пыли, при наличии воздушного отсоса.

Полный расход энергии на приготовление одной тонны пылевидного торфа составит следующим образом:

Дробление кускового торфа	3 квч/тонна
Сушка (дымосос и вращение сушилок)	5 квч/тонна
Размол	20 квч/тонна
Транспорт пыли	2,0

Всего . . . 30 квч тонна.

Потери от уноса в сушилах.

Современная техника обеспыливания сушильных газов осуществляет почти полную очистку их от уносимой пыли (фирма «Deifag» гарантирует очистку в 95% от пылесодержания в газах перед входом в сушилку).

Оборудование надежных больших пылеуловителей при каждой сушилке должно составлять неотъемлемую часть всякого сушильного устройства, а потому стоимость его должна быть предусмотрена в каждой смете капитальных затрат.

Сравнительные ориентировочные подсчеты стоимости пара в котельной на цепных решетках и пылевидном торфе.

Ниже приводимый подсчет произведен для котельной электрической станции, максимальная нагрузка которой составит, примерно, 40.000 кв. Число часов использования максимума принято в 3.000.

Подсчет произведен в двух вариантах.

I) Котельная на цепных решетках.

II) Котельная на пылевидном торфе, при чем досушка его производится либо ответвленным паром от главных турбин, либо от специальной турбины с противодавлением.

Годовой коэффициент полезного действия котельной принят:	
для котельной на кусковом торфе	0,75
« » » торфяной пыли	0,85

Такое повышение коэффициента полезного действия котельной при переходе на торфяную пыль нам представляется весьма вероятным. Кроме устранения потерь от механической и химической неполноты горения и уменьшения потерь с отходящими газами, благодаря большому содержанию углекислоты в них, последует сокращение расхода торфа вследствие несравнимо большей способности пылевой точки следовать за изменениями нагрузки, особенно, когда станция работает по колеблющемуся графику. Эксплуатация наших крупных районных станций (Шатура, Г. Э. С. им. Классона) на шахтно-ценных тонках в общем дают коэффициент полезного действия, близкий к принятому нами.

В случае работы на зольном торфе выигрыш от перехода на торфяную пыль может быть еще более значительным.

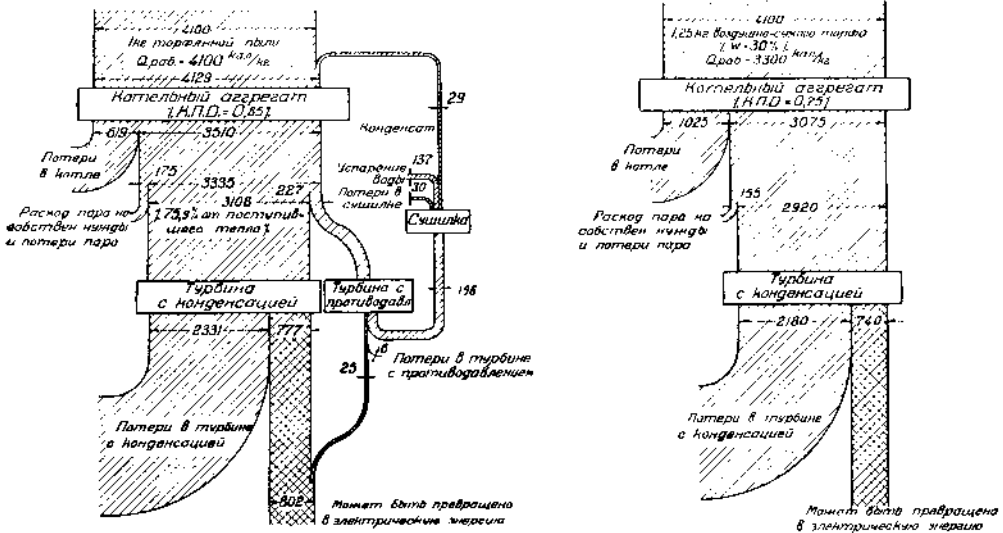
Примерная сравнительная диаграмма тепловых балансов паротурбинной установки, получающей пар от котельной на цепных решетках и на торфяной пыли приведена на фиг. 34.

Коэффициент полезного действия установки на пылевидном торфе больше, чем у котельной на цепных решетках ∞ на 5%.

Примерные ориентировочные балансы тепла для электрической станции:

а) на торфяной пыли.

б) на кусковом торфе.



Фиг. 35.

	На торфяной пыли.	На кусковом торфе.
К. П. Д. станции, учитывая расход энергии на размол и сушку ¹⁾	17,3%	16,6%
Расход тепла на 1 квч.	4930 кал/квч.	5180 кал/квч.
Тоже в % ²⁾	100%	105,0%

Подсчет поверхности нагрева паровых котлов (см. прил. I) показывает, что при переходе от шахтноцепных топок на пыль требуется поверхность нагрева котлов в 1,6 раза меньшая.

Это обстоятельство принято во внимание при подсчете кубатуры зданий котельной. При работе на пылевидном торфе объем зданий котельной и пылезаготовительной станции не превышает кубатуры котельной на цепных решетках.

При переходе на торфяную пыль, увеличение капитальных затрат, относящихся к котельной и пылеприготовлению составляет против варианта с цепными решетками - 18,3%. (См. приложение II).

Результаты сравнения эксплуатационных расходов котельной на кусковом торфе и на торфяной пыли сведены в нижеследующую таблицу:

¹⁾ Расход энергии на размол и сушку принят в 30 квч. на тонну, кпд. генератора принят равным 0,92.

Таблица 1.

№, № по пор.		I	II
		Торфяная пыль.	Ценные решетки.
1	Годовое производство энергии квт.	120.000.000	120.000.000
2	Годовой расход торфа (W = 30%) тонн	179.000	189.000
3	Цена 1 тонны возд. сух. торфа франко бункер. . . руб.	9	9
4	Экономия в топливе при переходе на торфяную пыль в год руб.	90.000	—
5	Ежегодный перерасход на амортизацию и налог на капитал, принимая общее отчисление в 10%	61.000	—
6	Ежегодная экономия в пользу варианта с торфяной пылью . . . руб.	29.000	—

Фактически экономия в пользу торфяной пыли получится более значительной, так как несомненно при этом сократится стоимость ремонта и обслуживания котельной, подсчитать которую заранее невозможно.

Приведенный ориентировочный подсчет имел ввиду сжигание обычного в Центральной Области малозольного торфа. В случае сжигания торфа с содержанием золы свыше 10%, работа на ценных решетках будет сильно затруднена и намеченные выше цифры паронапряжения котлов и к. п. д. для варианта с ценными решетками должны быть пересмотрены. До последнего времени задача сжигания зольного торфа не разрешена. Ее решит применение пылевидного торфа.

Выводы.

Настоящая краткая статья имеет целью отметить, что даже при теперешнем состоянии вопроса, введение торфяной пыли в качестве топлива для наших котельных, не вызывая особых перерасходов на капитальные затраты, может привести некоторое сокращение годовых расходов и вместе с тем поставить условия эксплуатации топок и всей котельной в более гигиенические и удобные для обслуживания условия, чем сейчас.

На ряду с этим откроется широкая перспектива для работы по удешевлению эксплуатации котельной, улучшению сжигания торфа и уменьшению первоначальных затрат путем тех упрощений и улучшений, которые обусловлено будут иметь место в этом новом деле.

Наконец, превращение торфа в пыль даст возможность использовать имеющиеся у нас крупные запасы зольного торфа, сжигание которого на ценных решетках до сих пор не дало положительных результатов.

Б. В. Мокрианский.

Данные ориентировочного подсчета размера главных предметов оборудования котельной при работе на торфяной пыли и на цепных решетках.

№№ в п.		I. Торфяная пыль.	II. Цепные решетки.
1	Расход тепла на полезно отпущенный квч, принимаемая к п. д. генератора в 0,92 квч	1,930	5,190
2	Годовой отпуск энергии квч год	123,000,000	1,200,000,000
3	Годовой расход торфа (W = 30%) при теплопроводимости его в 3300 калорий квч - тонн	179,000	180,000
4	Испарительность в с. с. торфа, приведенная к пару в 610 кал кгр.	3,02	3,87
5	Годовая полная паропроизводительность котельной (пар 610 калор) тонн	700,000	730,000
6	Максимальней часовой расход пара тонн	244	244
7	Максимальный часовой расход торфа (W = 30%) тонн	59,6	63
А. Котлы.			
8	Паронапряжение по нормальному пару в кгр м ² час	55	40
9	Резерв в котельных агрегатах в %	20	30
10	Требуемая поверхность нагрева котлов м ²	5,300	8,700
11	Тоже в м ²	100	161
Б. Сушилки.			
12	Средняя за год влажность торфа, поступающего с болота в %	50	30
13	Максимальная влажность торфа, поступающего в котельную принята в %	45	45
14	Максимальное количество воды, которое должно испаряться в сушилках в час тонн	26,0	
15	Требуемая поверхность нагрева паровых сушилок, принимаемая максимальное испарение с 1 м ² час и 3,8 кгр. и учитывая 20% резерва мтр ²	8,870	
16	Выбирается 7 сушилок по 1250 мтр. ²		
В. Мельницы.			
17	Устанавливаются мельницы с производительностью по 20 тонн в час	4	
Г. Здания.			
18	Объем котельной на 1 м ² поверхности нагрева котлов м ³	8	8
19	Кубатура здания котельной м ³	42,000	69,060
20	Кубатура помещения для приготовления пыли из расчета ок. 3800 мтр. ³ на сушилку	27,000	-
	Полная кубатура мтр. ³	69,000	69,000

Ориентировочная сравнительная ведомость главных капитальных затрат для котельной на пылевидном и кусковом торфе.

№№ п.п.		I. Торфяная пыль.	II. Цепные ре- шетки.
А. Котлы.			
1	Паровые котлы из расчета Р. 100 —/м ² пов. на- грева	530.000	870.000
2	Ценные решетки	—	280.000
Б. Помещение для приготовления пыли.			
3	Дробилки кускового торфа (комплекты).	70.000	—
4	Сушилки	350.000	—
5	Транспортирующие устройства горячего материала и развоз	100.000	—
6	Пылеочистители для газов	140.000	—
7	Мельницы для размолы пыли	160.000	—
8	Паропроводы к сушилкам	40.000	—
9	Насосы „Кинион“	60.000	—
10	Электромоторы с проводкой	100.000	—
В. Пылепроводы, форсуночные устройства, обмуровка топок.			
11	Пылепроводы	10.000	—
12	Форсуночные устройства и обмуровка топочных камер	200.000	100.000
Г. Здания.			
13	Стоимость зданий, фундаментом и пр. из расчета руб. 30. —/м ³	2.070.000	2.070.000
Д. Турбина с противодавлением.			
14	или удорожание основных турбин из-за ответ- вления пара	100.000	—
Всего		3.930.000	3.320.000
15	Превышение размера капитальных затрат по срав- нению с вариантом с шахтно-цепными топочками .	610.000	—
16	Тоже в %	+ 18,3%	—

Б. М.

Основные условия брикетирования различных видов твердого топлива.

Необходимость снабжать железные дороги (для паровозов) и крупные города различными видами минерального топлива, способными заменять дрова, выдвигает на очередь разработку способов брикетирования каменного угольной мелочи, полукоксов, бурого угля и торфа. В Германии брикетирование каменного и бурого угля получило значительное развитие, а в последнее время начинает появляться на рынке и брикетированный торф. У нас в дореволюционное время начало развиваться в Донбассе брикетирование каменного угольной мелочи. Такой способ снабжения домашним топливом крупных центров должен будет в скором времени получить у нас широкое распространение, так как снабжение городов дровами становится все более и более затруднительным; в связи с этим разработку вопросов брикетирования различных видов топлива надо признать вполне своевременной.

Так как брикетированное топливо приходится не только перевозить на значительные расстояния по железной дороге, но и развозить потом по городу небольшими сравнительно партиями и подвергать, следовательно, многократным перегрузкам, то основным свойством, которым должны обладать брикеты, является их прочность. Поэтому чрезвычайно важно выяснить те факторы, которые влияют на прочность брикета, и найти для данного вида топлива такие условия работы, при которых будет получаться наиболее устойчивый при транспорте продукт. Каменный уголь, как таковой, не способен сплавляться в прочный брикет даже при сравнительно высоких давлениях, развиваемых в брикетных прессах (до 1.200 атм.); точно так же и полукоксы не показывают способности брикетироваться без соответствующих добавлений; полукокс из бурого угля или же из торфа в этом отношении ведет себя также, как и полукокс из каменного угля. Чтобы получить брикет из этих видов топлива, их необходимо смешать предварительно с вяжущим веществом, которым обычно служит пек из каменно—и буро-угольной смолы. Сходство между полукоксами и каменными углями состоит в том, что те и другие показывают низкое содержание воды в воздушно-сухом состоянии и полное отсутствие извлекаемых щелочью гуминовых веществ; разница же между ними заключается в том, что каменные угли содержат битумы и иногда

в значительных количествах, а полукоксы совершенно лишены этих битумов, которые в процессе сухой перегонки главным образом превращались в смолу и отчасти разрушались до образования газов и кокса. Из этого можно сделать вывод, что битумы не являются тем спаивающим средством, которое может привести к образованию прочных брикетов; свойства брикетов, полученных из каменноугольной мелочи после прибавления цека, подтверждают такой вывод; эти брикеты показывают сравнительно слабую связанность пылинкок и при перевозке на значительные расстояния дают довольно много мелочи, образующейся вследствие трения брикетов друг о друга.

В противоположность полукоксам и каменным углям бурые угли и торфа способны давать очень прочные брикеты; отсюда можно сделать вывод, что способность брикетироваться обусловлена присутствием в бурых углях и торфах значительных количеств гуминовых веществ. Вывод этот подтверждается тем обстоятельством, что Челябинский бурый уголь по опытам на нашем заводе не способен брикетироваться; этот уголь как раз и показывает незначительное содержание (около 3%) извлекаемых щелочью гуминовых веществ.

В то же время замечено в Германи на бурых углях, а у нас на торфе, что свойства брикета в значительной степени зависят от исходной влажности брикетируемого материала; сильно влажные, как и пересушенные бурый уголь и торф дают плохие, мало прочные брикеты.

До настоящего времени было сделано несколько попыток дать объяснение процессу брикетирования, но ни одно из этих объяснений не может быть приведено в согласии со всеми известными фактами. А. Scheele¹⁾ считает, что при брикетировании главную роль играет примешанная к бурому углю тончайшая пыль, которая под влиянием высокого давления разлагается с образованием черного цвета углеводородов, склеивающих всю остальную массу угля. Такое разложение торфа может происходить и действительно происходит на поверхности брикета в местах соприкосновения материала с металлом матрицы, где с одной стороны происходит повышение температуры вследствие трения торфа о стенки матрицы, а с другой стороны и железо, из которого сделана матрица, может каталитически ускорять процесс разложения битумов и гуминовых веществ, в чем в настоящее время сомневаться не приходится. Этот процесс разложения обуславливает образование на боковых сторонах брикета блестящей тонкой смолистой пленки, легко однако отлетающей при слабом ударе, что свидетельствует об отсутствии прочной связи между этой пленкой и массой брикета. Нет, однако, никаких оснований принимать наличие таких процессов разложения по всей массе брикета.

W. Scheithauer²⁾ полагает, что на прочность брикета оказывает влияние вода и главным образом битумы бурого угля; последним, по

¹⁾ Braunkohle 1,31 (1903).

²⁾ Braunkohle 3,101 (1905).

его мнению, принадлежит решающая роль, и все вещества, лишенные битумов, не могут давать хороших брикетов. Это объяснение Scheithauer'a принималось всеми до последнего времени, когда оно было поколеблено результатами опытов Piening'a.

Необходимо привести еще взгляд С. Кедегя¹⁾, который отрицал значение битумов для брикетирования и приписывал воде исключительную роль при образовании прочных брикетов; вода, по его мнению, является тем смазывающим веществом, которое позволяет частицам бурого угля легко смещаться относительно друг друга в момент давления штемпеля и приближаться взаимно так близко, что действие молекулярного притяжения сообщает брикету необходимую прочность.

Все приведенные объяснения процессов брикетирования весьма чисто спекулятивный характер, и только Л. Piening²⁾ в последнее время перешел к опытному решению этого вопроса. Он подвергал брикетированию рейнские и среднегерманские бурые угли в их естественном состоянии, но с различным содержанием влаги, затем 1) те же угли после извлечения битумов, 2) угли, лишенные битумов и извлекаемых содой гуминовых веществ, и 3) угли освобожденные от битумов и экстрагируемых раствором едкого натра гуминовых веществ; полученные брикеты Piening испытывал на прочность, которую выражал в кгр. давления, вызывающего разлом брикета. Результаты опытов Piening'a с рейнским бурым углем сопоставлены в таблице I.

Таблица I.

Характер бурого угля.	Количество экстракта в %	Содержание влаги.		
		25 %	15 %	5 %
Естественный уголь	—	3—4 кгр.	8—9 кгр.	
Лишенный битумов	7,5—7,8	8—10 „	21—23 „	5—7 кгр.
Извлечен раствор соды	23,0—27,0	7—8 „	13—16 „	
Извлечен раствор NaOH	38,0—41,0	10—12 „	25—26 „	5—8 „

Из данных таблицы I следует, что лишенный битумов бурый уголь дает более прочные (приблизительно в два раза) брикеты, чем естественный уголь; отсюда с несомненностью следует, что битумы не играют никакой роли при брикетировании, и что взгляд Scheithauer'a не правилен.

Удаление гуминовых веществ раствором соды или едкого натра не сказывается заметно на угле при влажности в 25% и 5%, но сильно сказывается на угле с 15% влаги; в этом случае извлечение раствором соды вызывает резкое падение прочности брикета, удаление же гуминовых веществ обработкой раствором едкого натра вызывает значительное повышение прочности. Это странное явление Piening объясняет тем обстоятельством, что извлечение едкой щелочи приводит

¹⁾ Braunkohle 2, 105 (1904).

²⁾ Braunkohle 22, 481 и 506 (1923).

к обогащению угля волокнистым материалом, который при брикетировании сваливается (*Verfilzung*), что и сообщает особенную прочность брикетам. Это объяснение Piening'a до некоторой степени справедливо; нельзя однако в этом случае игнорировать и химическое действие едкой щелочи на органические вещества угля; под влиянием такого энергичного реагента нерастворимые в щелочи вещества подвергались сильному набуханию, что сообщало им клейкие свойства; появление этих свойств и обусловило высокую прочность брикетов.

Самым интересным результатом опытов Piening'a является выяснение влияния влажности исходного материала на прочность брикета. Опыты Piening'a показывают, что при 15%-ном содержании влаги в исходном угле получаются наиболее прочные брикеты; значительное повышение или понижение влажности угля за этот предел влечет за собой понижение прочности брикета. Этот результат заставил Piening'a признать правильным мнение Kegel'я относительно роли молекулярно-поверхностного сцепления частиц угля.

Наконец в самое последнее время появились данные о влиянии температуры поступающего в пресс бурого угля на прочность брикетов¹⁾. Венатор определял нагрузку, при которой разламываются брикеты, полученные из одного и того же бурого угля (Рамсдорфского), но имевшего различную температуру при входе в брикетный пресс; при этих опытах он получил следующие результаты:

- 1) Брикеты из угля, нагретого перед поступлением в пресс до 50°, разламывались сейчас же по выходе из пресса при нагрузке в 7 кгр.;
- 2) Брикеты из угля, нагретого до 45°, по выходе из пресса ломались при нагрузке в 9,8 кгр.;
- 3) Брикеты из угля, нагретого до 22,5°, в тех же условиях ломались при нагрузке в 12,8 кгр.;
- 4) Брикеты из угля, имевшего перед прессом температуру в 3°, ломались в тех же условиях при нагрузке в 15,3 кгр.

Эти данные показывают, что чем ниже температура поступающего в пресс бурого угля, тем прочнее получаемые брикеты.

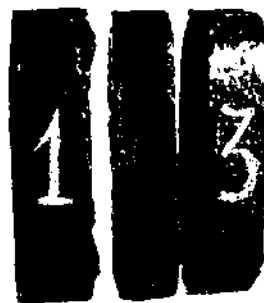
Легко видеть, что приведенный опытный материал дает возможность окончательно решить вопрос о значении гуминовых веществ для получения хороших брикетов из бурого угля и о ничтожном влиянии битумов на прочность брикета; приведенного материала однако недостаточно для решения вопроса о роли воды при брикетировании бурого угля; это делает непонятным шаткость предложенных теоретических объяснений роли воды при процессе брикетирования. Для выбора условий брикетирования торфа эти данные почти ничего не давали, так как свойства торфа существенно меняются в зависимости от характера предварительной обработки и сушки. Широкооставленных опытов брикетирования торфа к моменту установки брикетного пресса на заводе Гидроторфа также не было. В виду этого необходимо

¹⁾ Braunkohle XXIV, 960 (1926).

было выяснить условия брикетирования торфа и влияние различных факторов на свойства получаемых брикетов.

Практически в наших условиях для брикетирования можно было применить: 1) полученный на заводе искусственно обезвоженный коагулированный торф и 2) скользящую в значительных количествах на крупных торфяных хозяйствах мелочь. Вместе с этим мог возникнуть вопрос о брикетировании не высушенного на полях до воздушно-сухого состояния торфа после искусственной его досушки, как это делает Steinerг возле Гамбурга; в зимние месяцы этот торф в наших условиях должен был подвергаться промораживанию; таким образом возникал вопрос о брикетировании замороженного торфа и свойствах получаемого из него продукта.

Для изучения влияния влажности брикетированию подвергались партии торфа с различным содержанием воды; оказалось, что лучшие по внешнему виду и наиболее стойкие при хранении брикеты получаются в тех случаях, когда влажность исходного торфа лежит между 15% и 18%. Такие брикеты не дают трещины (боковые их стороны покрыты блестящей коркой пека), хорошо сохраняются под открытым небом зимой и весной и не набухают при погружении в воду. При более высоком содержании влаги в исходном торфе брикеты дают трещины при выходе из пресса, сильно увеличиваясь при этом в размерах; это образование трещин и набухание брикетов объясняется расширением ледяных в нем паров воды по выходе брикетов из пресса под объективное давление. Если же содержание влаги в исходном торфе будет ниже 12%, то получим малые и неустойчивые брикеты с блестящей поверхностью.



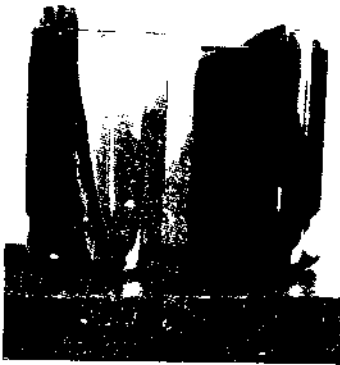
Фиг. 1.

На фиг. 1 брикет № 1 получен из торфа, влажность которого колебалась между 25 и 26%; этот брикет весь покрыт трещинами; средний брикет получен из торфа с влажностью 20%; он также покрыт трещинами, хотя и более мелкими; наконец брикет № 3 с блестящей ровной поверхностью без малейших трещин получен из торфа с влажностью 15%.

Влияние рода коагуляции было изучено: 1) на мороженном торфе, 2) коагулированном коллоидальным раствором окиси железа, и 3) торфе естественной сушки, который перед брикетированием был досушен в сушилке Шульце до 14 - 15% влажности. Можно было ожидать, что коагулирование коллоидальным раствором окиси железа не будет изменять существенным образом химических свойств торфяной массы, а потому брикеты из такого торфа не будут отличаться заметным образом от брикетов из торфа естественной сушки. Наоборот коагулирование нагреванием, при котором происходит химическое

изменение торфяной массы, должно давать продукт, из которого получаются брикеты с совершенно иными свойствами; столь же глубокие изменения в свойствах торфяной массы должно вызывать и сильное замораживание торфа; при этом состав торфа не будет подвергаться химическим превращениям, но коллоидальная природа входящих в его состав веществ будет сильно изменена. Мы не могли проверить эти предположения на торфе, подвергнутому нагреванию в автоклаве; но исследование брикетов из мороженого торфа показало, что предполагавшиеся изменения в торфяной массе действительно происходят.

Брикеты из мороженого торфа дают при хранении трещины, легко ломаются и при погружении в воду сильно набухают. Брикеты из коагулированного коллоидальным раствором окиси железа торфа ничем не отличаются от брикетов из торфа естественной сушки.



фиг. 2.

Для целого ряда брикетов из коагулированного окисью железа торфа найдено:

1) удельный вес 1,22—1,30; в среднем 1,27;

2) при погружении в воду на 1 час брикет поглощает воды меньше 1% от своего веса; при погружении в воду на 20 часов поглощение воды составляет 12% от веса брикета.

Также же величины найдены и для брикетов из торфа естественной сушки.

Для брикетов из мороженого торфа удельный вес найден несколько ниже — в среднем 1,20; при погружении под воду на час эти брикеты поглощают 2,5—3% от их начального веса воды, а через 18—20 часов брикеты разбухают совершенно и превращаются в кашеподобную массу. На фиг. 2 видна разница в отношении к воде между брикетом из коагулированного окисью железа и мороженого торфа; брикет из коагулированного торфа сохранил свою форму, а другой брикет разбух и заполнил весь стакан.

Из этого наблюдения можно сделать следующий практический вывод: предложенный инженером Steinert'ом (Гамбург) способ брикетировать торф, который был высушен на воздухе до влажности в 50—60% и затем досушен искусственно, совершенно неприменим в наших условиях, так как торф с влажностью в 50—60%, приготовленный для зимней работы брикетного завода и сложенный в штабеля, промерзает и дает невыгодные для хранения и транспорта брикеты.

При брикетировании органическая масса торфа подвергается хотя и относительно слабому, но ясно заметному изменению. Для выяснения характера этого изменения торф естественной сушки с т. называемого Морозовского болота «Электропередачи» (сфагновый) был размолот

в мелкий порошок и в таком виде сжимался в прессе Бюхнера, в котором давление доводилось за семь минут до 470 атм. и поддерживалось на этом уровне; вынутые брикеты измельчались в порошок, который подвергался затем анализу.

Первый опыт. Торф при обыкновенной температуре заложен в прессе Бюхнера и выдержан под давлением 470 атм. в течение 30 часов. Брикет по канту имел блестящую поверхность и был довольно прочен (в руках не растрескался в порошок).

Второй опыт. Торф нагрет в сушильном шкафу до 105° и заложен в пресс, гнездо которого было нагрето до 150—160°; давление за семь минут было поднято до 470 атм. и удерживалось на этом уровне в течение 24 часов. Температура гнезда в течение 6 минут опустилась до 100°, а от 100 до 50° в течение 15 минут. Вынутый брикет был прочен (трудно ломался) и имел по канту блестящий, слегка осмолвившийся вид; цвет брикета был немного темнее, чем у исходного торфа.

Результаты анализов исходного торфа и полученных брикетов приведены в таблице II.

Таблица II.

	Исходный торф.			Опыт 1.			Опыт 2.		
	1-е опред.	2-е опред.	Сред- нее.	1-е опред.	2-е опред.	Сред- нее.	1-е опред.	2-е опред.	Сред- нее.
Зола	6,29	6,08	6,18	5,91	5,59	5,77	5,49	5,31	5,40
Влага по убыли в весе	11,72	—	—	11,80	—	—	5,31	—	—
Органиче- ская масса {	углерода	56,92	56,84	56,86	56,96	56,57	56,82	57,46	57,21
	водорода	6,06	6,00	6,03	6,01	6,01	6,01	6,01	5,88

Из данных таблицы II видно, что давление в 470 атм. не изменило состава органической массы торфа; при том же давлении и температуре 105—120° произошло едва заметное изменение органической массы в сторону увеличения содержания углерода.

Совершенно другие результаты получаются при 1.200 атмосферах в прессе Магдебург-Буккау. Все брикеты, выходящие из этого пресса, имеют более темную окраску, чем брикеты из пресса Бюхнера. Состав органической массы для брикетов из торфа Морозовского болота в среднем таков:

H— 6,11% и C— 57,80. Таким образом, в брикетном прессе процессы обогащения углеродом торфяной массы идут гораздо дальше. Как далеко могут пойти процессы обогащения углеродом торфа при более продолжительном действии высокого давления и повышенной температуре показывает опыт с несколькими брикетами, которые были оставлены в гнезде пресса на три часа (работа пресса была прервана без выжимания брикетов пропитанным минеральным маслом торфом). Через три часа оказалось совершенно невозможным выдавить брикеты из пресса обычным способом; удары штенделя остав-

лись без результата. Для извлечения брикетов пришлось через выходное отверстие раскалывать их на мелкие куски посредством зубила и ударов молотка. Вынутые куски представляли совершенно черную блестящую массу, слившуюся в один ком; на кантах не было заметно и следов сплавившейся корки пека, как это обычно бывает на брикетах из торфа.

На фиг. 3 можно видеть разницу между обыкновенным гидроторфом (в середине) и вынутыми из пресса, похожими на уголь, кусками брикетов (по сторонам). Состав органической массы этих кусков показал высокое содержание углерода:

I	Н	5,98;	С	59,03	} Среднее Н -- 6,03 и С -- 59,16.
II	Н	6,07;	С	59,30	

Таким образом высокое давление в течение трех часов способствовало сильному обогащению углеродом торфяной массы и сооб-



Фиг. 3.

щило брикету вид угля. Здесь, конечно, играло роль не одно давление, которое в обычных условиях брикетирования торфа не вызывает таких глубоких изменений; главное значение здесь имела повышенная температура, под действием которой торф находился в течение трех часов; в обычных условиях брикеты находятся в гнезде в течение десятков секунд и затем выходят из пресса наружу, где быстро остывают.

Резюмируя все сказанное, мы должны прийти к следующим выводам:

1) Брикетировать следует торф с влажностью в 15—17%; значительное отклонение от этой нормы в ту или другую сторону приводит к резкому понижению качества брикетов;

2) Коагулированный окисью железа искусственно обезвоженный торф и мелочь от торфа нормальной естественной сушки дают хорошего качества брикеты;

3) Промороженный торф совершенно негоден для брикетирования;

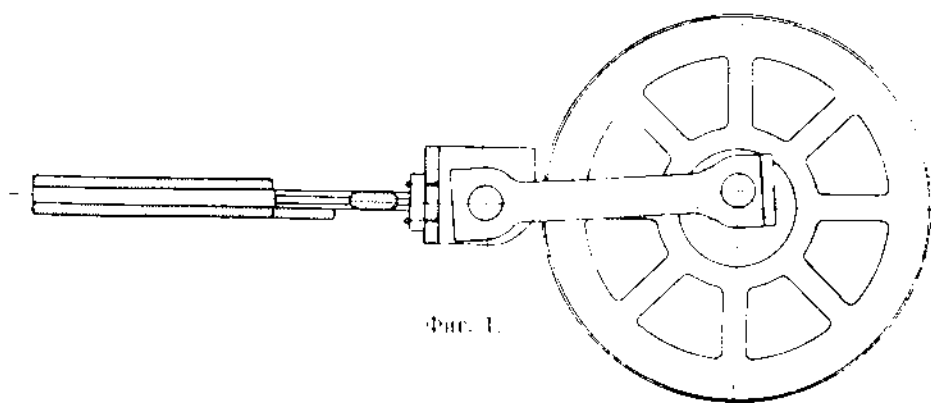
4) Снаивающим веществом, сообщаящим прочность торфяным брикетам, являются гуминовые вещества;

5) Процесс брикетирования связан с повышением качества торфа, как топлива, так как при этом происходит обогащение углеродом органической массы торфа вследствие потери уголекислоты, образующейся при распаде карбоновых кислот под влиянием давления и повышения температуры при ударе штемπεля.

Г. Л. Стадников.

Конструкция брикетных прессов.

При посещении в начале 1926 г. в Германии машиностроительных заводов, изготовляющих брикетные прессы, и самих брикетных фабрик пришлось установить, что в продолжение ряда лет по части усовершенствования и разработки новых конструкций ничего не делается и только последние примерно два года этот вопрос до некоторой степени сдвинулся с мертвой точки. До сих пор постройкой брикетных прессов в Германии занимались, главным образом, только две фирмы: 1) фирма Буккау и 2) фирма Цейц. Все до сих пор существующие прессы более или менее одношпильные и, главным образом, одношпильные (фиг. 1) и работающие непосредственно от своего парового привода с давлением свежего пара около 12 атм. и с противодавлением около



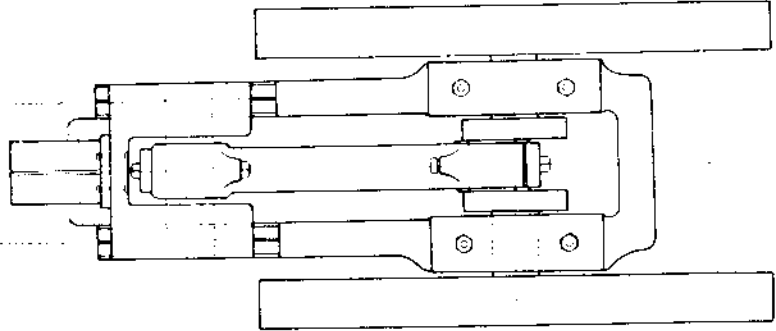
Фиг. 1.

3-х атм. Мощность парового цилиндра для семидюймового «салон-брикетного» одношпильного прессы приблизительно равна 80 л. с., и для десятидюймовых «индустри-брикетов» доходит до 120 л. с. Следует указать, что развиваемое при брикетировании как угля, так и торфа давление во всех существующих до сих пор прессах колеблется около 1.200 атм. Кроме этого, имеются в небольшом числе двухшпильные прессы, у которых два шпильки прикреплены к одному крейцкоффу (фиг. 2).

Преимущество этих прессов заключается: 1) в их компактности и 2) в их относительной дешевизне по сравнению с двумя отдельными прессами, но зато мощность паровой части таких прессов доходит

до 150 — 160 л. с. и, благодаря расположению двух штемпелей на одном крейцкопфе, ход этих прессов так же неравномерен, как и одноштемпельного.

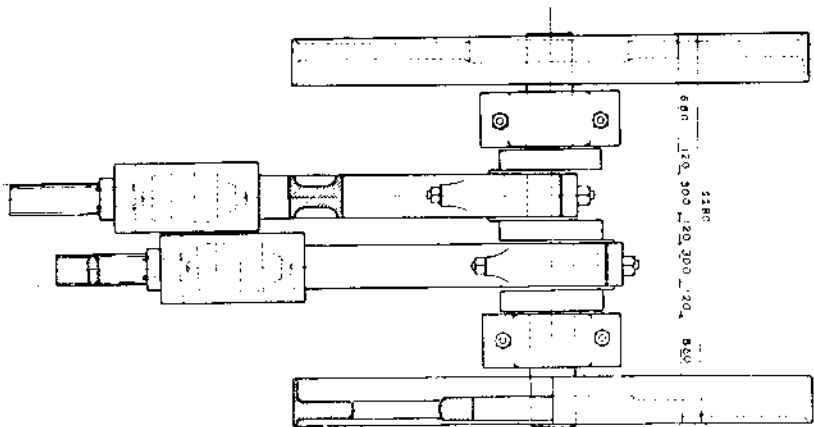
В противовес этим двухштемпельным прессам, где оба штемпеля связаны на одном крейцкопфе и кривошипе, строятся теперь на заводе



Фиг. 2.

Буккау двухштемпельные пресса, где каждый штемпель имеет свои рядом расположенные под 180° кривошип и крейцкопф (фиг. 3).

Преимущество такого пресса заключается в том, что он: 1) также довольно компактен и 2) несколько дешевле, чем два одноштемпельные отдельные пресса, 3) имеет, благодаря расположению кривоши-



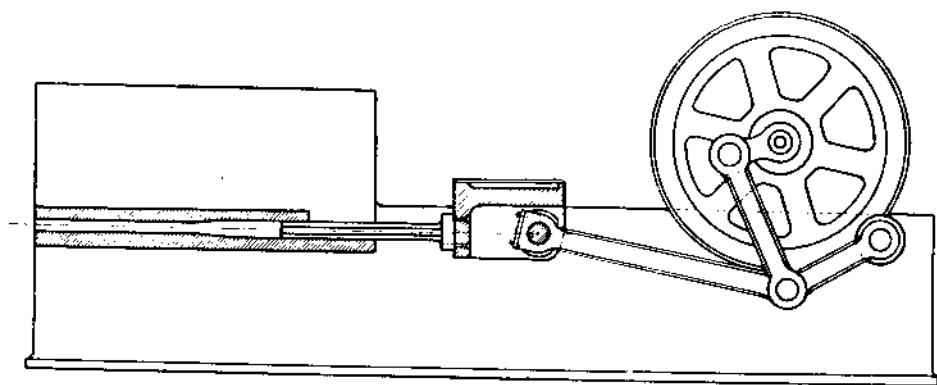
Фиг. 3.

пов под 180° , несравненно более равномерный ход и 4) при этих прессах мощность паровой части требуется тоже не более чем около 120 л. с.

Только приблизительно год тому назад машиностроительный завод «Демар» в Дунсбурге начал выпускать фрикетные пресса совершенно новой конструкции, так называемые «Kniehebelpresse» (фиг. 4).

Преимущество пресса этой конструкции заключается в том, что у него, благодаря рычажной системе в месте наибольшего давления,

получается наименьшая скорость, равная скорости обыкновенного пресса при одинаковых оборотах деленной на два. Благодаря этому получается меньшее потребление энергии при одной и той же производительности и значительное уменьшение размера маховиков и общего веса этих прессов. Таких прессов построено пока только четыре штуки. Два пресса из них установлены в Баварии на заводе искусственного обезвоживания торфа, и два в Ольденбурге. Построены эти пресса так же, как и обычные пресса, на давлении в 1.200 атм. Сейчас на том же заводе Демага в Дунсбурге строится такой же «Kniehebelpresse», но уже на давл. в 2.000 атм. Пресс этот заказан для буроугольной брикетной фабрики «Koddergrübe». Все до сих пор существующие брикетные пресса, как на торфобрикетных фабриках, так и на буроугольно-



Фиг. 4.

брикетных фабриках, работают со скоростью от 70 до 80 оборотов в одну минуту; но благодаря тому, что у вышеописанных Kniehebelpresse как раз в месте наибольшего давления получается наименьшая скорость, то на них, вероятно, будет возможно значительно повысить скорость, а тем самым, при прочих равных условиях, и производительность. Так как почти каждый брикетируемый материал проявляет большую чувствительность, главным образом, к скорости брикетирования, то при увеличении скорости сопротивление, а тем самым и давление в прессе возрастает очень быстро. Как пример можно указать, что при увеличении числа оборотов от 77 до 83, т.-е. на 10%, на прессе, установленном на заводе искусственного обезвоживания гидроторфа при станции имени инженера Р. Э. Классона (бывш. «Электропередача»), провести правильного брикетирования не удалось, так как мотор сильно перегружался, ремни буксовали и слетали. После этого опыта обороты пресса были посредством шкивов опять снижены до 77 в минуту, и дальнейшее брикетирование стало снова возможным. В виду того, что в промышленности применяется, главным образом, переменный ток, который не дает возможности регулировать обороты, а применение отдельного регулирующего механизма (коробка скоростей) нежелательно, то для привода брикетных прессов следует рекомендовать моторы постоянного тока, а также мо-

жет быть применим (как до сих пор на Германских брикетных фабриках) паровой двигатель с противодавлением, пар от которого идет непосредственно в сушилки для досушки брикетируемого материала.

Форма брикетов.

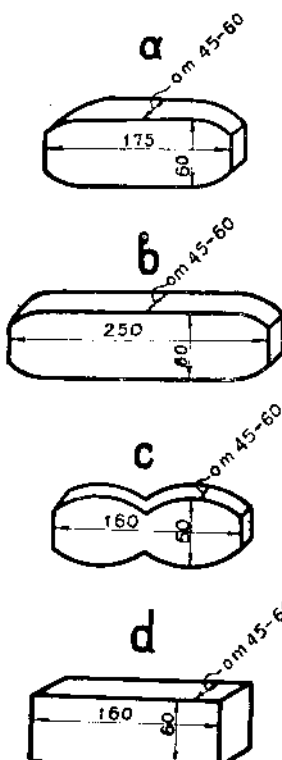
Если, как выше указано, в конструкции брикетных прессов замечается сдвиг в сторону изменения и усовершенствования их, то этого нельзя сказать про формы брикетов, так как они остались совершенно неизменными.

Существует три типа брикетов (фиг. 5 а, в, с).

От этих трех указанных на фиг. 5 форм никакого отступления не замечается ни в прессах, измененных и строящихся заводами

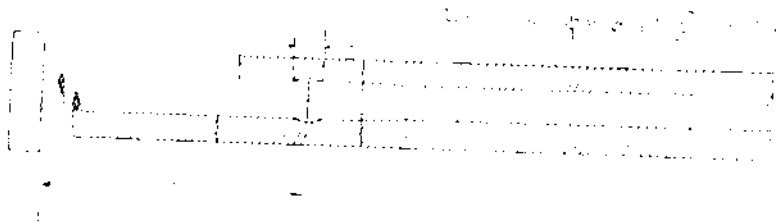
Буккау и Цейц, ни в прессах совершенно новой конструкции, строящихся заводами Демага. При посещении в Германии машиностроительных заводов, строящих брикетные прессы, а также самих брикетных фабрик, автор старался выяснить причину применения и неотступления от вышеуказанных сложных и поэтому дорого стоящих матриц и штемелей, тем более, что и ремонт этих сложных матриц тоже является дорогим и сложным и отнимающим много времени. Но это так и не удалось. На выдвинутый вопрос о возможности применения прямоугольной формы (фиг. 5-d). Конечно, с условием сохранения наружного объема, дабы не увеличить поверхность трения и сопротивление в прессе, а тем самым и нагрузку прессы, обер-инженер завода Буккау указал, что по его мнению, основанному на многолетней работе в области постройки брикетных прессов, а также его работах по брикетированию, никакого припятствия к применению прямоугольной формы не встречается, и что существующих форм придерживаются только потому, что к ним привык уже потребитель и поэтому изготовление какой-либо другой формы могли бы вызвать заминку в сбыте. Такого же мнения держатся и некоторые специалисты на брикетных фабриках. И только на одной брикетной фабрике было указано, что там будто бы были сделаны попытки заменить вышеуказанные на фиг. 5 (а, в, с) формы прямоугольными, но они были вынуждены от них отказаться, так как прямоугольная форма при сохранении той же поверхности трения о матрицы все же вызывала значительную перегрузку прессы, и что, таким образом, указанные на фиг. 5 а, в и с формы являются наивыгоднейшими, как в смысле красоты, так и в смысле сокращения расходов энергии в производстве. Необходимо указать на существенный не-

Фиг. 5.



достаток этих форм: ни на одной из пяти посещенных брикетных фабрик нет специальных машин для ремонта матриц, а делается ремонт так же, как и на заводе Гидроторфа, совершенно примитивным способом и благодаря этому с недостаточной точностью, в силу чего износ матриц совершается быстрее и выражается, примерно, как и у Гидроторфа, за период работы пресса 24 часа ¹⁾ до 3 мм на сторону (фиг. 6).

На торфобрикетном заводе в Фридрихланде матрицы работают несколько дольше, примерно от 48 до 72 часов, что происходит либо от меньшей зольности торфа, либо их матрицы изготовлены из лучшего материала. Что касается бурноугольных брикетных фабрик, то



Фиг. 6

они работают также в пределах указанного на фиг. 6 при 3 мм износа в зависимости от зольности угля и качества материала от 48 до 110 часов, но в среднем около 80 часов.

При этом необходимо указать, что при менее аккуратной пригонке матриц и штемпеля увеличивается и затрата энергии, так как неплотности между матрицей и штемпелем вызывают заклинивания торфа или вообще брикетированного материала, и помимо ускорения износа, создают лишнее трение.

В виду разноречивых мнений о причинах применения существующих вышеперечисленных трех форм брикетов и в виду также перечисленных их отрицательных сторон, было бы желательно испытать на заводе Гидроторфа матрицы прямоугольной формы, изготовленные из разного материала; прямоугольные матрицы обойдутся значительно дешевле, благодаря их простоте изготовления и ремонта, а вследствие более легкой и точной пригонки износ их будет меньше, при этом брикеты получатся более аккуратные, а затрата энергии будет значительно меньше.

А. Г. Штумпф.

¹⁾ В последнее время удалось увеличить время работы матриц до 50 часов.

Установка брикетного пресса на заводе Гидроторфа и брикетирование торфяной мелочи (аэроторф).

При некустаренном обезвоживании торфа в результате ряда процессов получается торфяная крошка—влажностью 15 — 20%.

Для переработки этого продукта в топливо, удобное для сжигания, необходимо или превращение его в твердые куски определенной формы—брикеты, или размола его до пылевидного состояния для дальнейшего сжигания в форсунках.

В течение своей работы Гидроторф стал перед необходимостью изучения этих процессов, для чего с одной стороны была построена опытная камера пылесжигания и опытный котел, с другой — установлен на заводе Гидроторфа и всесторонне изучен брикетный пресс системы Букау (Магдебург, Германия).

Кроме использования продукции завода по обезвоживанию установка брикетного пресса имела целью изучение условий брикетирования торфяной мелочи, скопляющейся в большом количестве на складах всех торфяных станций и бывшей до сих пор неиспользованным отбросам торфяного производства. Кроме того в дальнейшем возможен сбор торфяной крошки и мелочи с полей и ее превращение в брикеты.

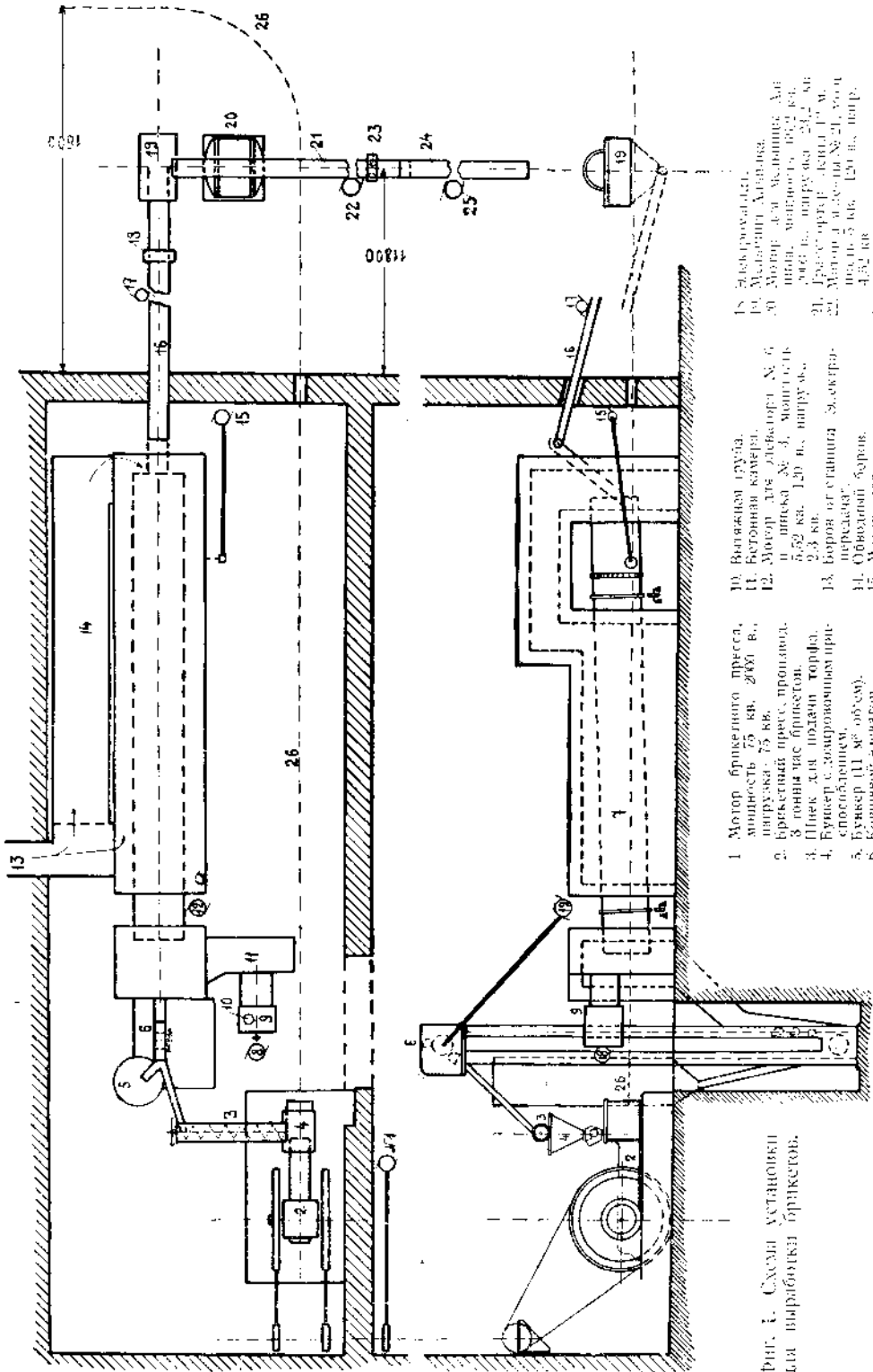
В результате работ Гидроторфа с прессом Букау удалось выявить полную возможность и целесообразность как техническую, так и экономическую, превращения торфяной мелочи воздушной сушки (аэроторф) ¹⁾ в брикеты достаточной твердости с содержанием влаги в 15 — 20%.

Такие брикеты являются одним из лучших топлив, для хозяйственных целей, они удобны для хранения, занимают мало места, не дают сора и в тепловом отношении превосходят дрова.

Большое значение брикеты, вследствие своей правильной формы и большого объемного веса, могут иметь в железнодорожном транспорте для сжигания в топках паровозов.

При опытах Гидроторфа исходным продуктом была торфяная мелочь воздушной сушки, а также сильно рассыпающийся торф негодный для обычного сжигания на цепных решетках. Влажность мелочи — сырья колебалась от 30 до 40%.

¹⁾ Происхождение этого слова связано с идеей инж. Р. Э. Классона транспортировать торфаную мелочь с болота пневматическим способом по переносным трубам.



1. Мотор брикетного пресса, мощность 75 кв. 2000 в., нагрузка 75 кв.
2. Брикетный пресс, пропуск. 3 тонны час брикетов.
3. Шпек для подачи топлива.
4. Буфер с амортизацией при спуске.
5. Буфер (11 кв. об'ем).
6. Кошачья элеватор.
7. Сушилка «Круша».
8. Мотор дымохода «Круша», мощность 26,4 кв., —120 в., нагрузка 22,6 кв.
9. Дымоход «Круша».
10. Валковая труба.
11. Бетонная камера.
12. Мотор для элеватора № 6 и шпек № 3, мощность 8,32 кв., 120 в., нагрузка 2,3 кв.
13. Буфер от станции «Электрокапитал».
14. Обводный канал.
15. Мотор для вращения шпек, мощность 20 кв., 120 в., нагрузка 0,96 кв.
16. Транспортер дробилки.
17. Мотор к дробилке № 15, мощность 3 кв., 120 в., нагрузка 2,1 кв.
18. Электрокапитал.
19. Мотор для вращения шпек, мощность 10,2 кв., 200 в., нагрузка 2,4 кв.
20. Буфер от станции «Электрокапитал» № 21, мощность 5 кв., 120 в., нагрузка 4,3 кв.
21. Транспортер шпек № 17.
22. Мотор к шпек № 23.
23. Дробилка с шпек при работе № 18.
24. Транспортер шпек № 17.
25. Мотор к шпек № 23.
26. Дробилка с шпек при работе № 18.

Фиг. 1. Схема установки для выработки брикетов.

Перед брикетированием такой торф должен быть досушен до влажности не более 15 — 18% и раздроблен на куски в 6 — 10 мм. в диаметре.

Установка для брикетирования видна на схеме фиг. 1.

Вся установка состоит из следующих основных частей:

1. Ленточные транспортеры - для мелочи «аэроторфа».
2. Мельница Альбина.
3. Сушилка системы Крушна.
4. Бункер для мелочи и элеватора для под'ема торфа.
5. Брикетный пресс.
6. Желоба для брикетов.

В качестве транспортеров служат транспортеры Штера (21,24), на движущие ленты которых рабочие выкладывают дощатами торфяную мелочь.

Эти транспортеры расположены под легким деревянным навесом один за другим и поднимают торф к мельнице Альбина.

Между транспортерами устанавливается электромагнит (23), имеющий целью улавливать случайные железные предметы, могущие попасть в торф. Ленты приводятся в движение электромоторами с нагрузкой около 4,5 кв. (25,22).

Мельница Альбина (13) представляет из себя обычную мельницу, работающую по ударному принципу (Hammer-Mühle). Приводится она в движение электромотором, средняя нагрузка которого не превышает 23,2 кв. (20). Крушность помола мельницы можно произвольно изменять величиной зазоров между отдельными рядами колосничкообразных пластин.

Мельница Альбина является вполне надежной машиной, потребляющей относительно весьма небольшое количество энергии.

Раздробленный торф в виде мелких кусочков около 6 мм. поступает пройдя под вторым электромагнитом (18), на ленте в газовую барабанную сушилку системы Крушна.

Улавливание электромагнитами металлических частей является совершенно необходимым, так как попадание их в мельницу, помимо поломки ее, может повести к взрыву торфяной пыли внутри мельницы.

Сушилка Крушна представляет из себя медленно вращающийся барабан длиной 14,5 мт. и диаметром 1.400 мм. (7). Этот барабан установлен наклонно и обогревается снаружи и изнутри отходящими газами котлов электрической станции. Газы в данной установке просасываются через сушилку мощным эксгаустором (9), который приводится во вращение электромотором с нагрузкой до 22,6 кв.

Сушилка делает $2\frac{1}{2}$ — 3 оборота в минуту и приводится во вращение электромотором со средней нагрузкой около 7 кв.

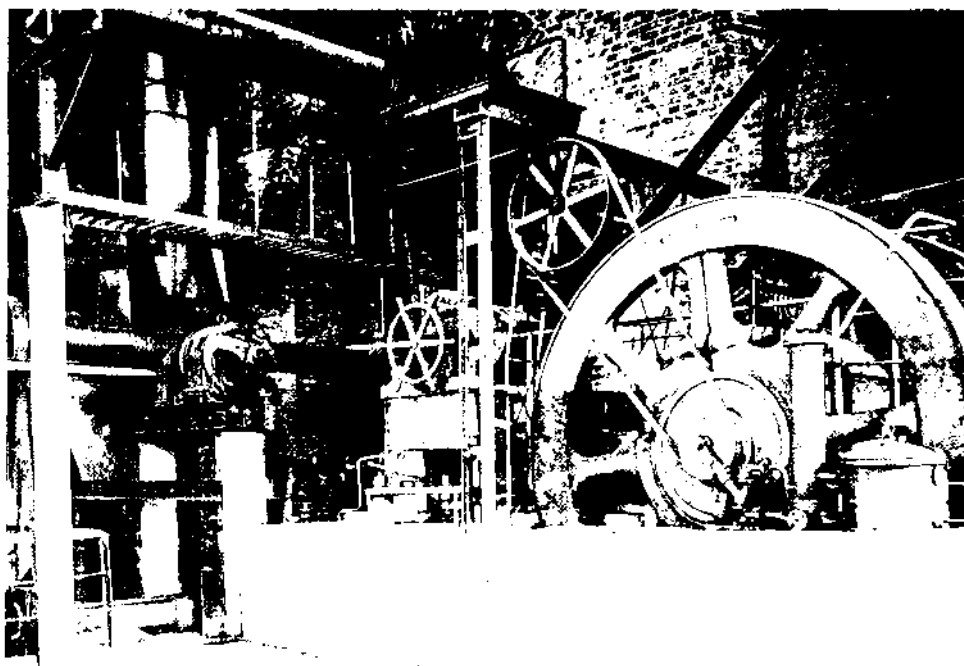
Торф, поступая в барабан, попадает на поставленные наклонно плоскости, много раз переваливается при вращении барабана и проходит через всю сушилку, подвергаясь тепловому воздействию газов в течение 30 — 35 минут.

Производительность сушилки находится в зависимости от температуры газов и колеблется от 0,5 тонны в час высушенного торфа при температуре газов 120° — 150° до 3 тонны в час при газах в 300°.

К сожалению в данной установке получить газы дощатого горения на тех же условиях до сих пор удавалось только в отдельных случаях и обычная работа сушилки шла при производительности около 1 — 1,5 тонны в час.

Из барабана сушилки торф влажностью ок. 18% поступает в вертикальный ковшевый элеватор (6), откуда или винтовым шнеком (3) направляется в брикетный пресс или заполняет запасный бункер — вместимостью около 11 м³ (5), откуда в свою очередь может быть подан в пресс при помощи элеватора и шнека.

Брикетный пресс системы Букау (2) получил широкое распространение в Германии для брикетирования бурого угля (фиг. 2).

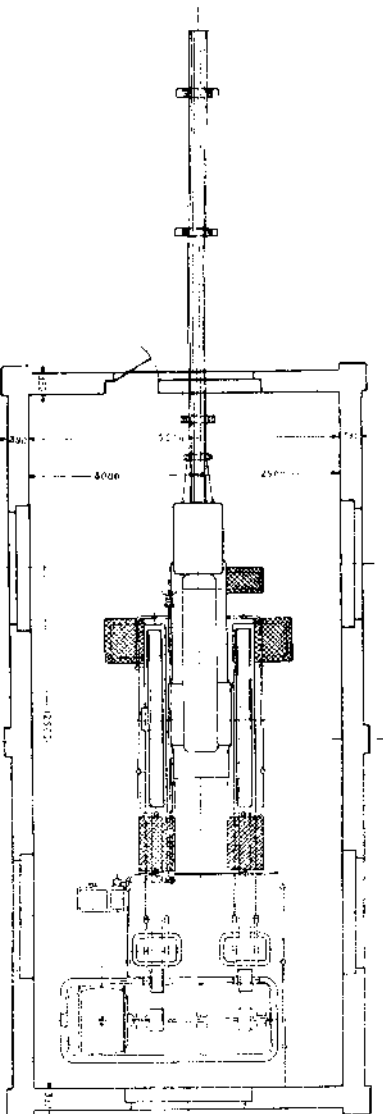
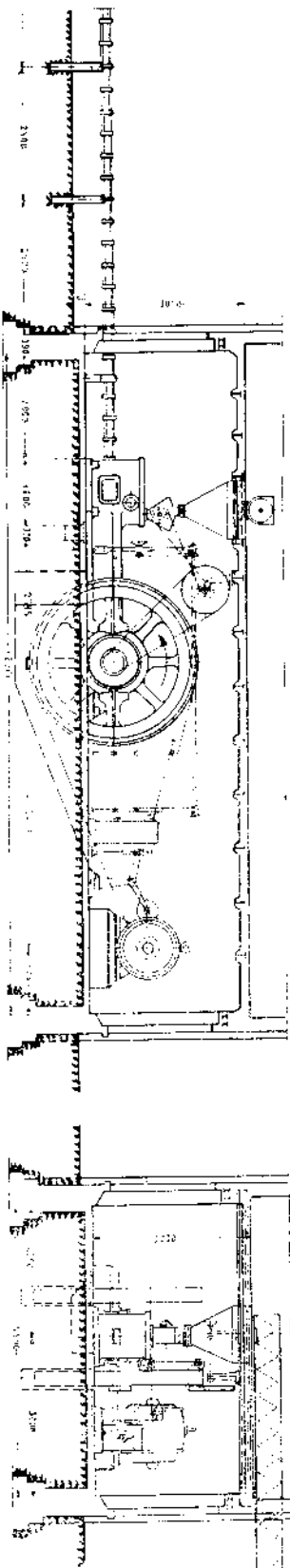


Фиг. 2.

Для приспособления его к русским торфам пришлось предельно большую экспериментальную работу.

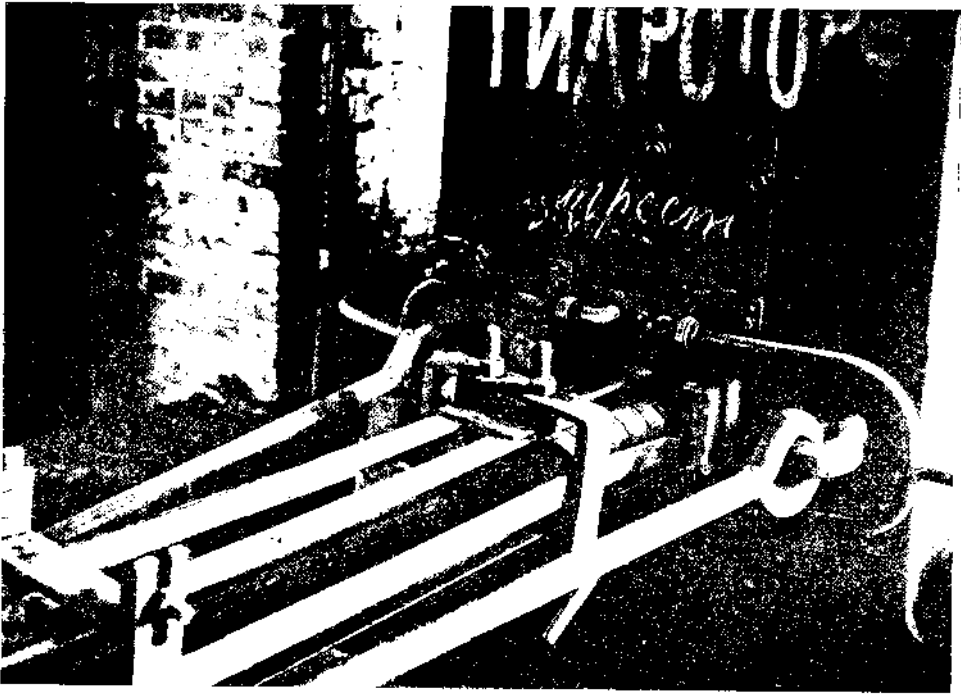
Установленный Гидроторфом пресс Букау является одношпиндельным прессом, приводимым в движение от мотора с нагрузкой до 75 кв. через промежуточную трансмиссию и 2 ремня, натянутых на два маховика шкива диаметром 3 метра. Шкивы дают 77 оборотов в минуту, при чем каждый оборот соответствует движению шпинделя, выбрасывающего брикет. Торфяная крошка поступает через воронку, выходящую из запасного бункера — емкостью 1 м³ куб. мет. в дозирую-

ТОРФЯНОЙ БРИКЕТНОЙ ПРЕСС С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ
СИСТЕМЫ „МАГДЕБУРГ-БУКАУ“



Фиг. 3

ций вращающийся аппарат, подающий торф определенными количествами в пресс. Прессование производится движением штемцеля в матрицах с входным размером отверстия 65 мм. (фиг. 3) и выходным 59 мм. Переход от размера 65 мм. до 59 мм. совершается посредством конуса, длину которого удалось установить только после длительных испытаний. Для различных торфов длина конуса различна и в каждом отдельном случае ее приходится установить экспериментальным путем. Эта длина варьировалась от 45 до 150 мм. и было установлено, что наимыгоднейшая длина конуса 90 — 100 мм. для сорта торфа, подвергнувшегося брикетированию. При этом прессом развивается давление до 1.200 атмосфер.



Фиг. 4.

Пройдя конус брикет выходит из прессы и поступает на желоб, служащий для охлаждения брикетов и транспорта их из помещения завода. Для охлаждения брикетов достаточно 10 метров; на заводе Гидроторфа длина желоба около 30 метров и может быть еще значительно увеличена для непосредственной подачи брикетов в вагоны (фиг. 4).

При пуске брикетного прессы в действие необходимо матрицы и конус прессы основательно прогреть паром.

Одновременно с прогреванием в матрицах должна быть создана пробка из промасленного торфа. Для этого свежий торф смешивается с маслом так, чтобы смесь представляла из себя по внешнему виду консистенцию свежее раскопанной земли.

Прессе загружают небо в шпиги порциями (сколько можно схватить рукой) такой массы, при чем число оборотов пресса держат около 30—40 в минуту.

После образования пробки начинают добавлять через дозировочное приспособление мелкими порциями свежий торф. После определенного числа оборотов увеличивается количество промышленного торфа, уменьшается, а загрузка свежим торфом увеличивается, пока брикеты не достигнут нормальной толщины.

Эти операции продолжают 5—10 минут, после чего обогреть паром прекращается; в камеры, где был пар, выпускается вода для охлаждения и начинается нормальная работа пресса. Чем лучше охлаждаются эти пресса, тем крепче, тверже и красивее получается торфяной брикет (фиг. 5). Производительность пресса 3 тонны в час.

Матрицы пресса делаются из нескольких кусков для возможности замены их при износе. Сработанные матрицы шлифуются карборундовыми кругами. Паровая матрица является одной из неприятных сторон брака, связанной с отсутствием в торфе и, следовательно, недостаточной влажности.



Фиг. 5.

Износившиеся матрицы можно использовать для изготовления торфяных брикетов, а также для изготовления торфяных брикетов.

Повышение влажности свыше 15% резко увеличивает износ матриц и значительно ухудшает брикетирование.

Брикетировать можно также гидро-торф, но не следует использовать торфяным брикетам. Уменьшились все брикетировочные параметры. Все брикеты около 600 грамм. Основные размеры 5—6—18 сантиметра дов.

Гидрокопачность брикетов — незначительна, так, только 2—4 часа в пребывании брикеты в воде впитывают 13,5% но достигают только до 20%. Часовое пребывание в воде дает увеличение влажности менее, чем на 1%.

Установка брикетного пресса на заводе Гидро-торфа не преследует промышленных целей, и по местным условиям — до сих пор не могла быть приспособлена к длительной работе, главным образом, из-за отсутствия горячих газов для доушки мелочи. Однако, в течение 1925 и 26 гг. на этом прессе было выработано несколько десятков тысяч пудов брикетов и кроме технико-экономического опыта получены и некоторые экономические результаты.

При условной стоимости аэроторфа-мелочи на болоте или складе 7 коп/пуд при влажности около 30% и, считая погрузку, доставку и выгрузку на заводе около 3 копеек, получим стоимость мелочи-сырца 10 коп. Учитывая, что из пуда мелочи влажности 30% выходит около 0,8 пуда брикетов, получим стоимость торфа-сырца — 12,5 коп. на пуд брикета франко завод.

Принимая 3-х сменную работу с перерывом для осмотра и случайных простоев в 4 часа, получим суточную производительность 60 тонн или 3.600 пуд. в сутки.

На брикетировании заняты следующие рабочие:

1) На загрузке транспортеров и приеме брикетов — 5 чел. в смену или вместе с отгульными 18 человек в сутки, что при зарплатке 1,70 коп. составит 30 руб. 60 к., или 0,85 коп. на пуд.

2) На мельнице, сушилке и брикетном прессе 2 чел. в смену или 7 человек в сутки при зарплатке в 2 руб. 50 коп — 17 руб. 50 коп. или — 0,48 коп./пуд.

Всего зарплаты — 1,33 коп. на пуд.

Отчисления с заработной платы 12% — 0,16 коп. пуд.

Электрическую энергию принимаем по существующему тарифу 5,3 коп./кв. час.

Нагрузки отдельных электромоторов:

1) На транспортерах	9 кв.
2) На мельнице Альпина	23 »
3) На вращающ. сушилке	7 »
4) На элеваторе, шнеке	2 »
5) На дымососе	23 »
6) На брикетном прессе	75 »

Всего 139 кв.

или при производительности в среднем 3 тонны в час на пуд брикета 0,78 квч. или около 4,2 коп. на пуд.

Ремонт матриц оцениваем приблизительно в 1 коп. на пуд.

Смазка, ремни и проч. — 0,25 коп.

Амортизация 10% от стоимости установки в 65.000 рублей —

$$= 0,1 \cdot 65.000 \cdot 100 \div 3600 \cdot 300 = 0,60 \text{ коп. пуд.}$$

Накладные и административные расходы принимает около — 5%.

Таким образом, полная стоимость пуда брикетов франко завод выразится:

1. Торф-сырец франко завод	12,50 коп.
2. Зарплата	1,33 »
3. Отчисления	0,16 »
4. Электрическ. энергия	4,20 »
5. Ремонт и смена матриц	1,00 »
6. Смазка, ремни и пр.	0,25 »
7. Амортизация	0,60 »
8. Административные и наклад. расх.	0,96 »

21,00 коп.

Эта цена соответствует, при учете лишь разницы в теплотворной способности — стоимости кускового торфа воздушной сушки в 18 коп. пуд при влажности 30%, что немного лишь превышает существующую стоимость торфа франко станция. Однако, нужно иметь в виду, что эти подсчеты сделаны в предположении получения для сушки от тепловой станции даровых газов, температурой около 300°, что возможно для небольших сравнительно установок. При больших масштабах производства необходимо пользоваться для сушки паром, что, конечно, несколько повысит стоимость брикетов из аэроторфа.

Во всяком случае, по сравнению с воздушно-сухим торфом и дровами, огромными преимуществами брикетов остается их сухость, прочность, удобство хранения, отсутствия сора и возможность нормировки при сжигании.

Д. А. Резилов. А. Г. Штумпф.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЧАСТЬ III-я.

Пылевидный торф. Торфяной брикет.

	Стр.
Предисловие	1
Вступление. Инж. В. Д. Куртичников	5
Искусственное досушивание некоагулированного и коагулированного окисью железа торфа. Проф. Г. А. Стадников	11
Тепловая досушка торфа. Инж. Б. В. Мокрицкий.	
I. Особенности тепловой сушки торфа	18
Главные стадии сушительного процесса: а) нарезание, б) испарение влаги, в) удаление влаги из сухих паров. Торф, г) высушивание материала до начальной влажности, д) конечная влажность, е) размер кусков, ж) особенности торфа, з) влияние температуры воздуха на сушку торфа, и) температура торфа, л) температура воздуха при сушке торфа, м) высушивание торфа при высоком вакууме. Сушка при высоком давлении.	
II. Существующие топливные сушилки и оценка их с точки зрения применимости для сушки торфа	24
Виды, характер, условия, определенная тип сушилки, а) заводские сушилки, б) вертикальные тип, в) горизонтальные, г) Паровые сушилки, д) Коагулированная сушка.	
III. Способы обработки сушилок	39
Сухой туман. Сушка паром. Вопросы об определении теплотворных способностях сушеных видов.	
IV. Подготовка торфа к тепловой сушке	52
Общие указания. Дробление торфа. Главные причины пробоя для торфа. Отсев крупных кусков торфа перед сушкой. Подготовка торфа на бункерах.	
V. Транспорты и устройства высушенного материала	55
Выделение пыли в транспортных устройствах и борьба с ней: а) в бункерных машинах, б) на заводах, приготавливающих торфяную пыль.	
VI. Об очистивании сушильных газов	59
Механизм уноса пыли в сушильках. Обзор различных конструкций обеспыливающих устройств: камеры, б) вторичное обеспыливание, в) использование среды (Михалюк), г) электроагрегат, д) электроагрегат, е) флотатор, ф) обдувание.	
VII. Современная автоматическая торфосушильная установка	70
VIII. Краткие сведения о работах Гидроторфа в области тепловой досушки торфа	72
Размол торфа и транспорт торфяной пыли. Инж. Б. В. Мокрицкий.	
I. Краткий обзор существующих мельничных устройств для размолы топлива	77
Способы превращения топлива в пыль. Определение тонкости пыли. Главнейшие типы мельниц для размолы топлива. Быстроходный тип а) валцовые мельницы, б) центробежные шаровые мельницы, в) ударные мельницы, г) ударно-ситовые мельницы.	

II. Особенности размола торфа и свойства торфяной пыли	93
<p>Взрывчатая способность торфяной пыли. Выбор мельницы в зависимости от опасности взрыва. Возможность размола торфа в мельницах Hardinge с точки зрения механической работы. Вопрос о влажности торфа при размоле. Хранение торфяной пыли.</p>	
III. Транспорт торфяной пыли	102
<p>Элеваторы. Транспортные ленты. Шнеки. Системы воздушного транспорта: а) низкого давления, б) высокого давления. Вагоны для пыли.</p>	
Особенности сжигания торфяной пыли и существующие топочные устройства для пылевидного топлива. Инж. Б. В. Мокршанский.	
I. Особенности сжигания торфяной пыли	113
<p>Облако горючей пыли и газообразное тело. Особенности сжигания торфа в пылевидном состоянии: а) выход летучих, б) требуемая тоичность торфяной пыли, в) температура горения, г) зольность.</p>	
II. Конструкция топочных камер для пылевидного топлива и сжигание торфяной пыли	117
<p>Главные задачи техники применения пылевидного топлива. Основные требования к топочной камере. Днища пути, совершаемого пылью в топочной камере и направление факела. Объем топки. Применяемые способы понижения температуры в топке. Влияние зольности и шлаков. Топка для торфяной пыли.</p>	
III. Подача пыли в топку	135
<p>а) подача пыли в топку в установках с централизованным размолом, б) подача воздуха, в) перемеривание первичного воздуха с пылью, г) форсунки.</p>	
IV. Общие замечания о работах Гидроторфа в области сжигания торфяной пыли.	144
V. Преимущества сжигания торфа в пылевидном состоянии	146
<p>Затруднения при сжигании торфа на цепных решетках. Преимущества при сжигании пылевидного торфа.</p>	
VI. О целесообразности превращения кускового торфа в пылевидный	150
<p>Возражения против размола кускового торфа. Дробление торфа. Размол торфа. Потери от уноса в сушилках. Сравнительные ориентировочные подсчеты стоимости пара в котельной на цепных решетках и пылевидном торфе. Выводы.</p>	
Основные условия брикетирования различных видов твердого топлива. Проф. Г. Л. Стадников	157
Конструкция брикетных прессов. А. Г. Штумпф	165
Установка брикетного пресса на заводе Гидроторфа и брикетирование торфяной мелочи (аэроторф). Инж. Л. А. Ремизов, А. Г. Штумпф	170

0-25 коп.

-155027-

Цена 2 р. 50 к.

СКЛАД ИЗДАНИЯ:

МОСКВА, Никольская, дом 10/12, ИНСТОРФ. Тел. 2-48-19.