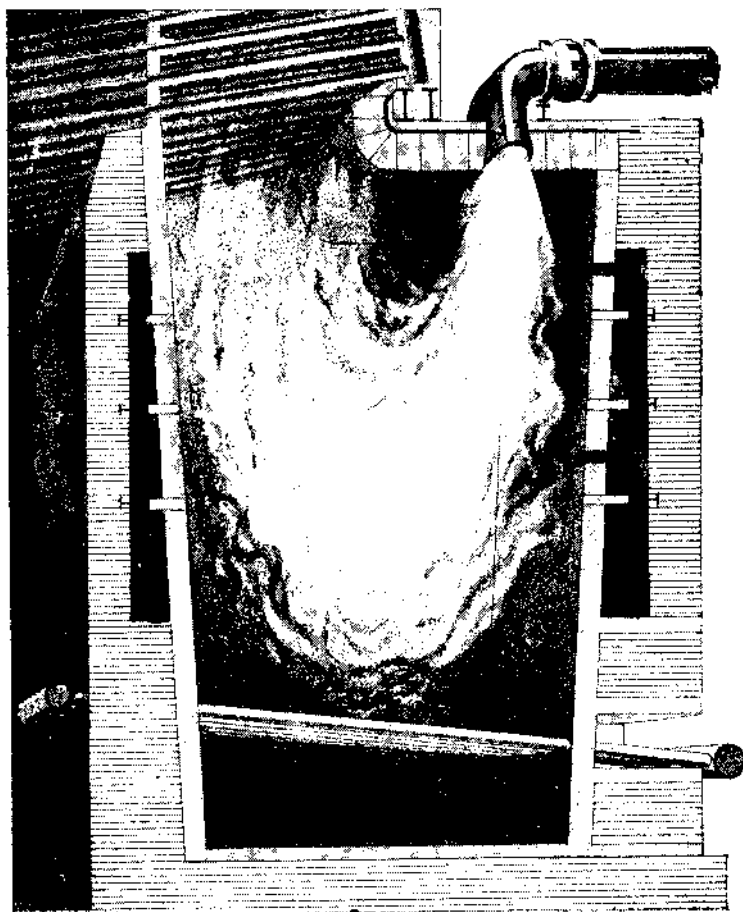


ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ **„ИНСТОРФ“**
ИНСТИТУТ ПО ТОРФЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

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, полужаководском и, наконец, заводском 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. Пошечко, 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 порешка 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 кусков, 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 вijk. М. Нибо 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 снижает капитальные затраты. Эксплуатационные же преимущества безусловно на стороне порошка.

В заключение пужно 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. Штумпф подробно знакомылись 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 определенысь числа кислотности по способу Шнора и водные числа по Гюблю. 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	CO ₂	
6	140 150°	"	2,05	Светло-желт.	61,0	26,3	"	
7	17°	Коагулированный	4,1	Гемм. 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	CO 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 пропускался 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 в 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 сушилках 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.

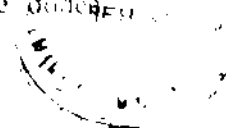
Влажность торфяной залежи — 90% — для своего испарения требует затраты такого количества тепла, которое значительно превышает теплопроизводительность безводной массы. Торф начинает становиться топливом только при влажности ниже 85%. При этой влажности затраты тепла на досушку начинают технически оправдываться. 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.

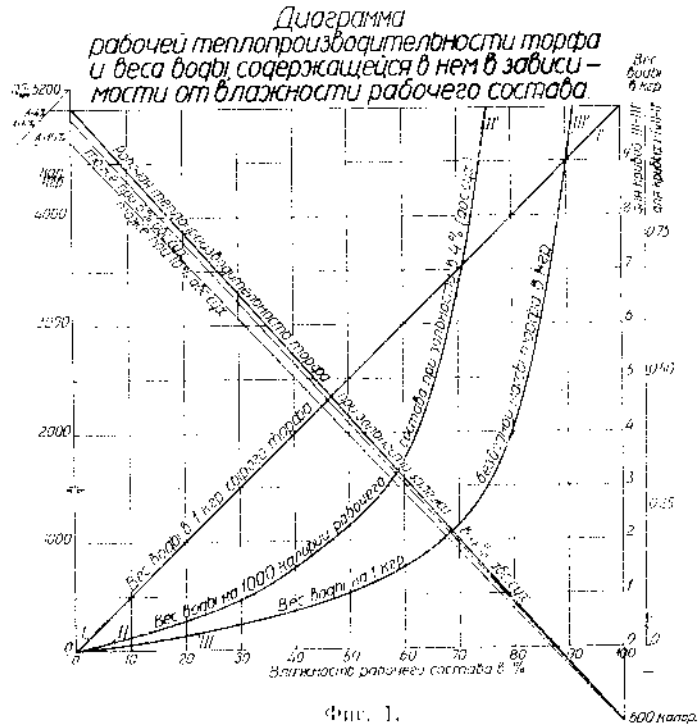
В первом случае — при обезвоживании по способу Гидроторфа — торф получается в виде цилиндрических «кухенгов», высотой в 40 мм. при диаметре в 500 мм. с средней влажностью в 55%, во втором — в виде известных кирпичей машинно-формованного торфа или размерами, примерно, 50 × 80 × 350 мм. (гидроторф) с влажностью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

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“.



б) Конечная влажность.

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 квч, а при влажности в 20% — 4,75 квч.

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

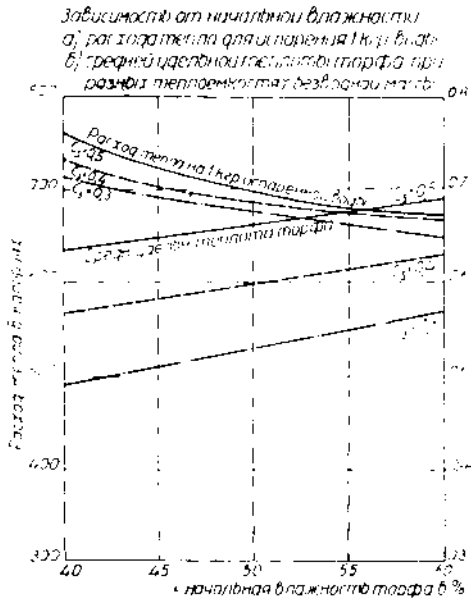
¹⁾ Braunkohle 1926. Archiv für Wärmerwirtschaft 1926.

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. Обращаясь 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.

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

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-

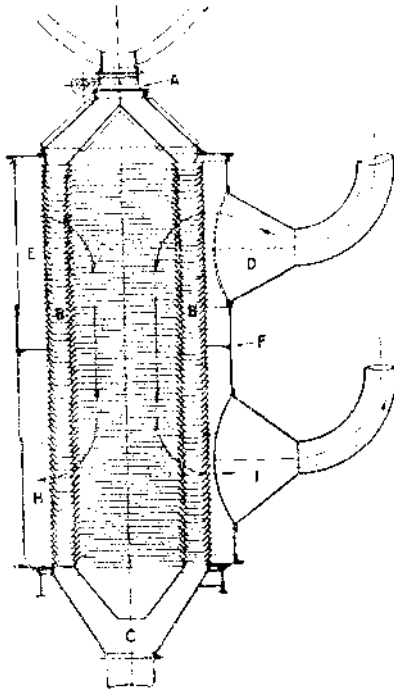
¹⁾ Harvey „The Pulverised Fuel, the Colloidal Fuel & Smokeless Combustion“.

²⁾ V. D. I. 1926. № 25. Niske. „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.

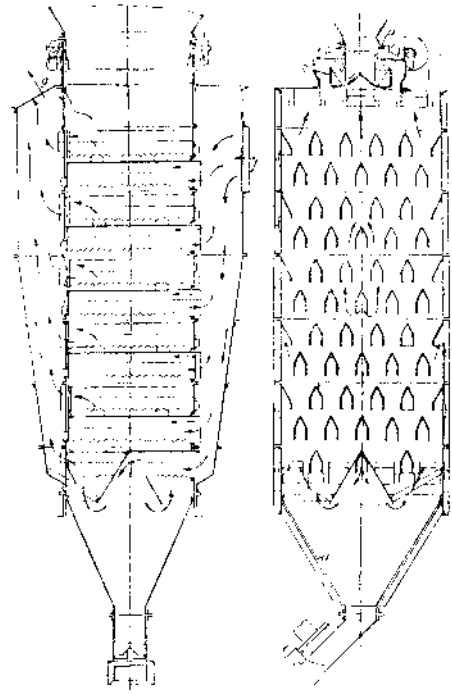
Таблица II.

Место производства опытов.	Станция „Sud Carolina Broad RiverС ^о “.	Станция „Metropolitan Power С ^о Middletou Penn“.
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:

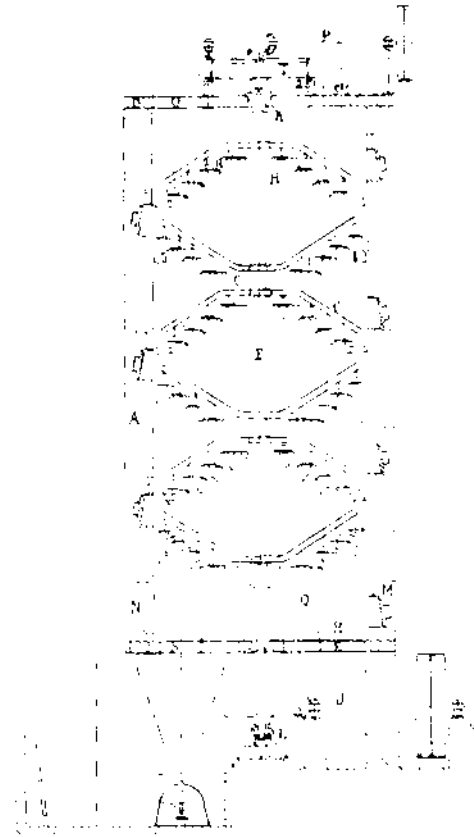
1) Газы обогревают наружную поверхность барабана и входят внутрь его только после того, как температура их значительно понижается.

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.

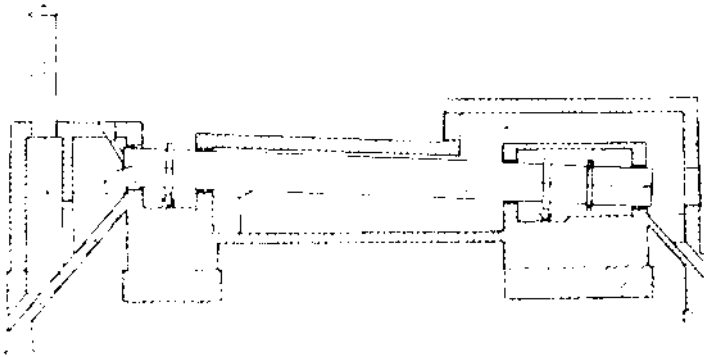
4) Газы входят в барабан и, двигаясь параллельно с движением топлива или в обратную сторону, высушивают его.

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



Фиг. 5. Сушилка Rebl.

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

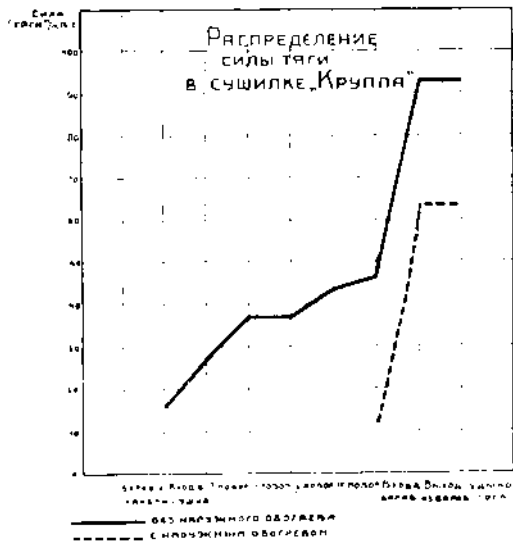


Фиг. 6. Барабанная сушилка с наружным обогревом.

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.

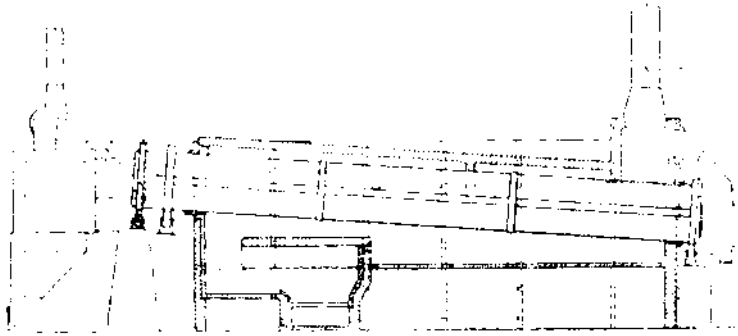


Фиг. 7.

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 Ebro-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.

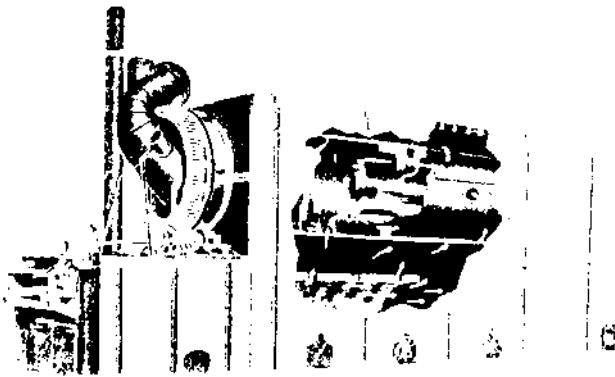


Фиг. 8. Сушилка типа „Lind-dryer“.

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“.

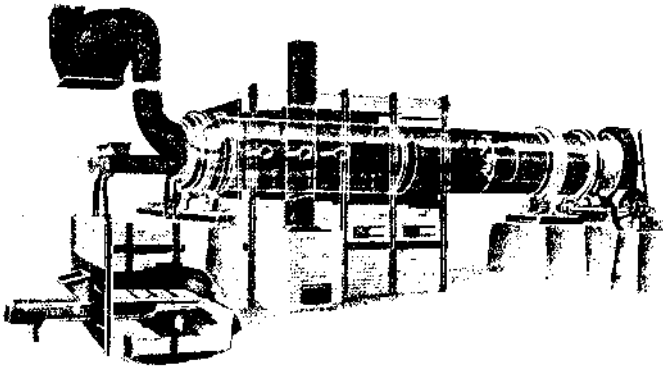
ных диаграмм²⁾ (фиг. 12 и 13), сушка прямым током является наиболее безопасной, так в этом случае горячие газы соприкасаются с более влажным торфом. При установившемся газовом режиме сушки влажного (50—60%) ильг вполне успешно в при высоких температурах. Опасность пожара от случайно попадающих искр фактически отсутствует, так как искры при падении на влажный торф гаснут.

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

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

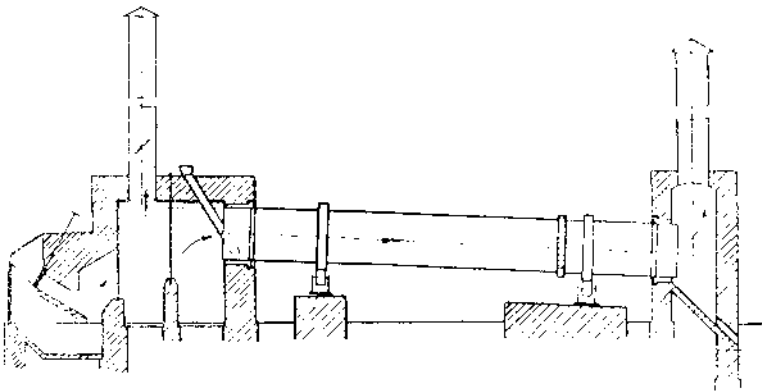
²⁾ Steinert, „Der Torf & seine Verwendung“.

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 Turc“.

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.

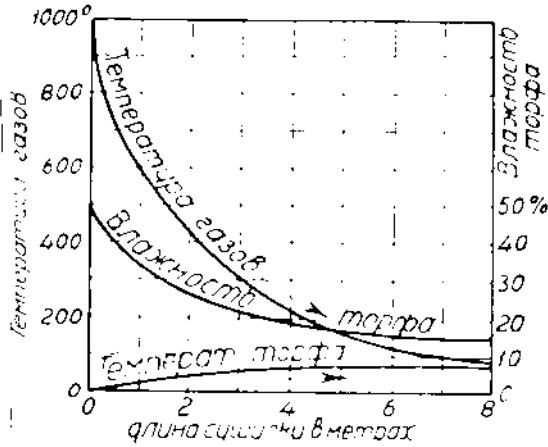
большей поверхностью нагрева и испарения, чем, если бы он двигался сплошной массой¹⁾ (фиг. 14).

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.

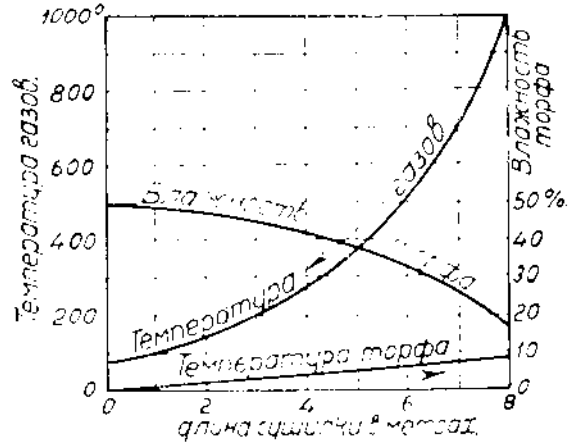
¹⁾ Helbig. „Brennstaub“.

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

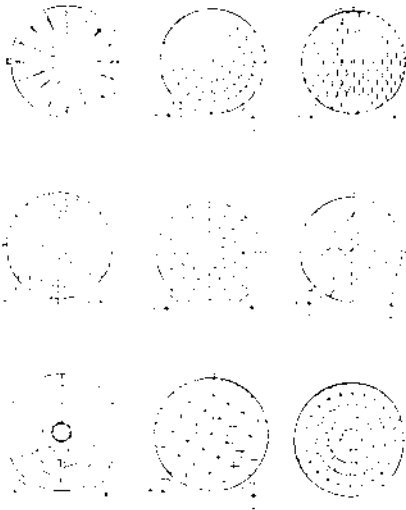


Фиг. 12. Параллельный ток.

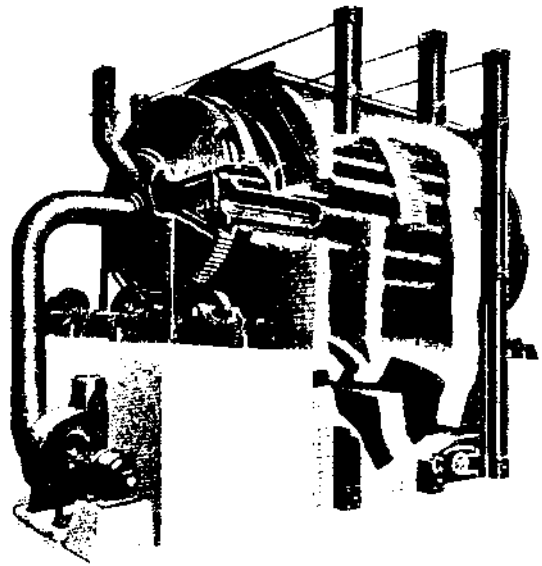


Фиг. 13. Противоток.

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.



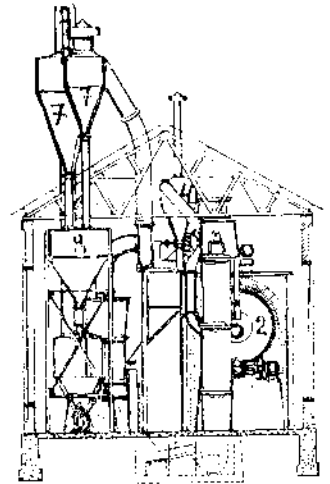
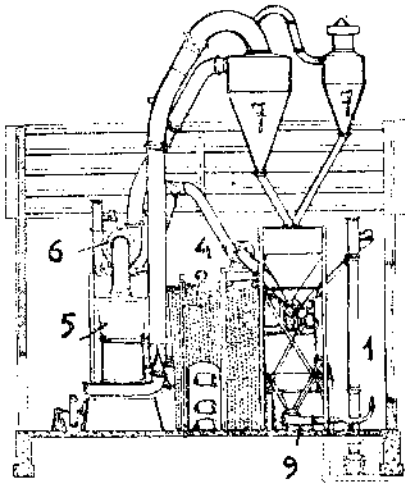
Фиг. 15. Сушилка The Grindle Fuel Equipment Co.

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

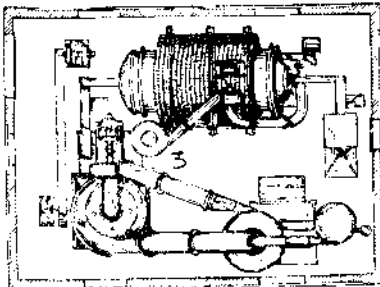
Таблица III.

Ф и р м а.	Главные размеры в метрах.		Температ. входящих газов °С.	Расход тепла на 1 кг. 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.



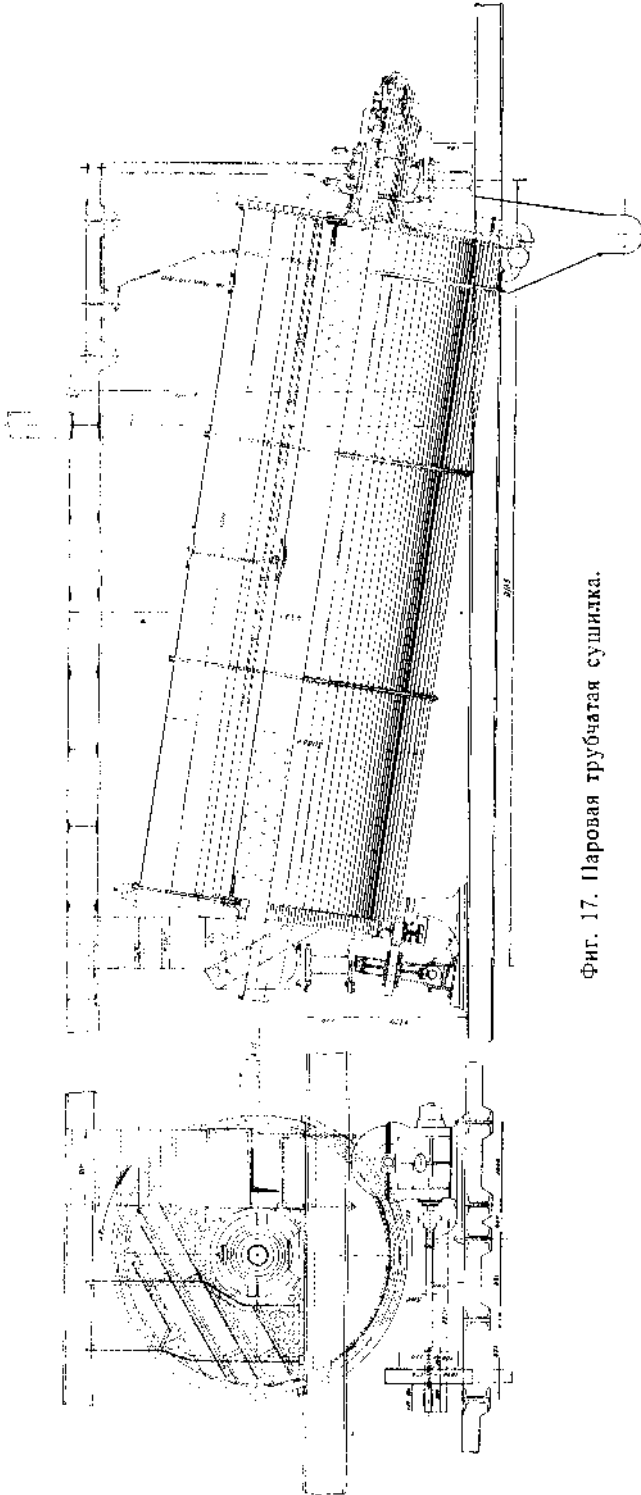
Фиг. 16. Пылезаготовительная станция „The Grindle Fuel Equipment“.



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 Кавион.

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

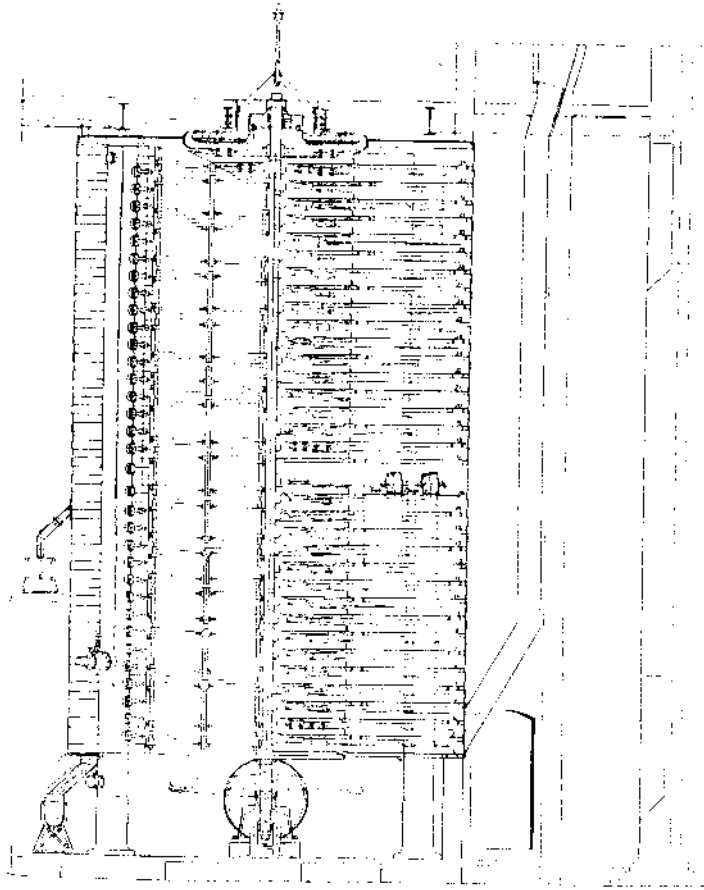
Стационарные сушилки неприменимы вообще, а из прочих типов наиболее удобным является сушилка с прямым током газов без наружного обогрева, подразделенная на мелкие ячейки.



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.



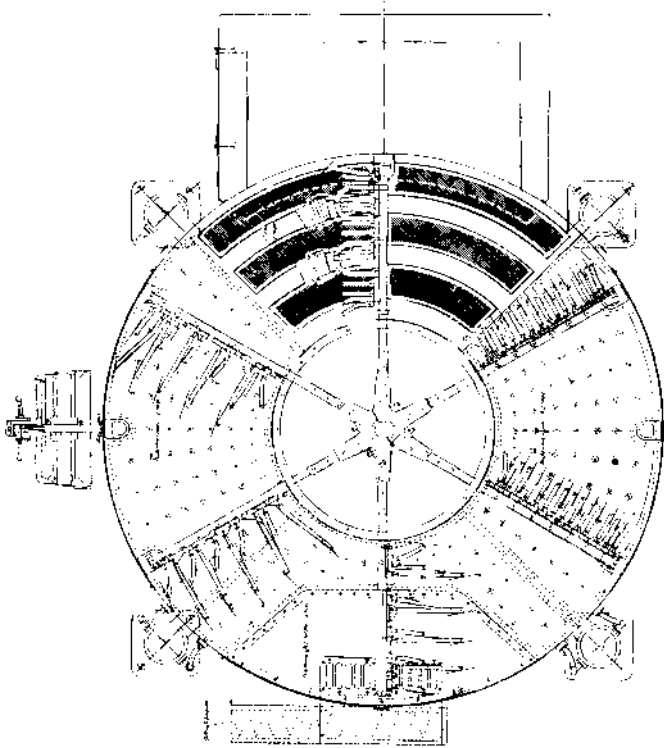
Фиг. 18. Паровая тарельчатая сушилка.

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.

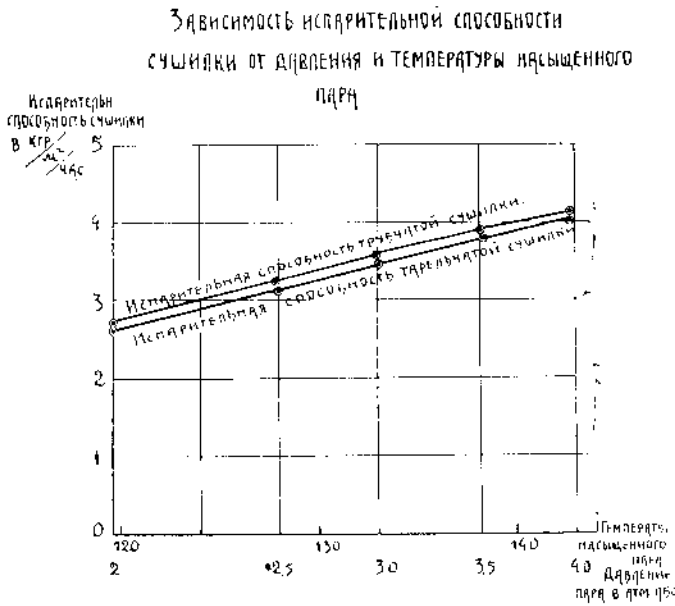
Ниже приводится диаграмма (фиг. 20), дающая зависимость производительности сушилок от давления (температуры) насыщенного пара.

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. „Spiralwendelrösten in Röhrentrockner von Braunkohlen-Brikettfabriken“.

Возможность применить топочные газы для одновременной сушки паром и газом.

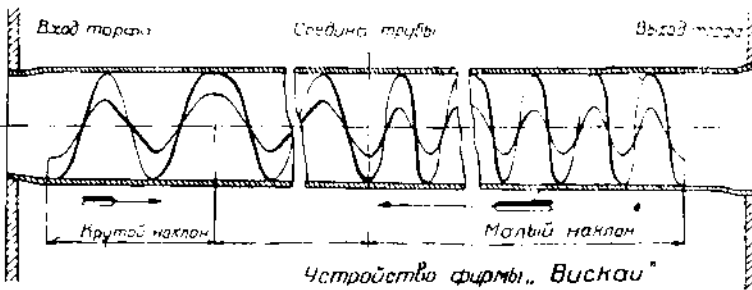
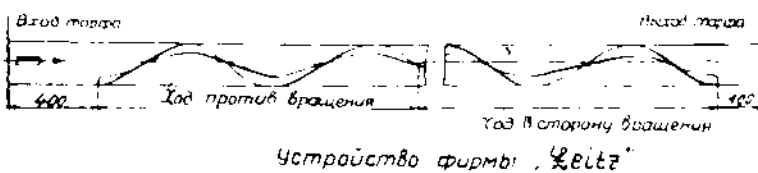
4) Сравнительная дешевизна: По данным фирмы Вискау, цена 1 м² трубчатой сушилки составляет Руб. 25-, а тарельчатой Руб. 40. Все франко Завод Меллебург.

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 %/о.				
	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 %/о.
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

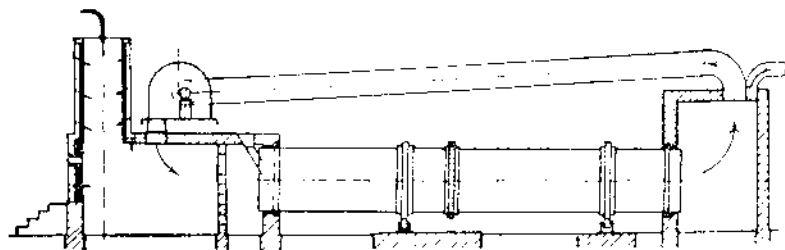
невозможно, так как влажность торфа, отжатого в прессах высокого давления, всегда превосходит 50%. Для применения сушилок на отходящих газах остается, таким образом, область досушки лишь воздушно-сухого торфа и то лишь при том условии, что температура газов при входе в сушилки будет меняться в соответствии 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.

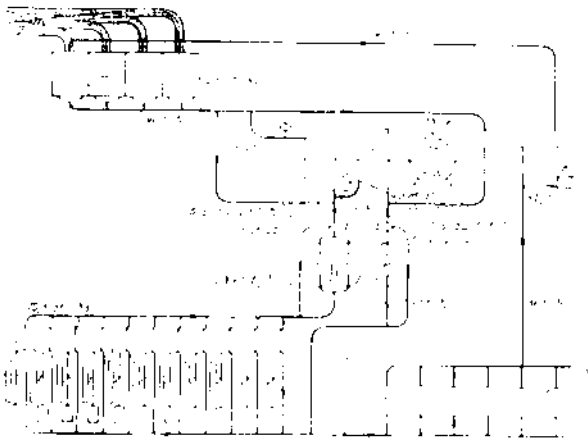
На германских торфяных заводах, где паровая сушка бурого угля уже с 1877 года производится на отработанном паре от паровых машин при брикетных прессах, в настоящее время обращено серьезное внимание на использование преимуществ пара высокого давления в паровых турбинах с противодавлением для получения 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 унич-



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 (Dampfblöfner).
- 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 атмосферы.

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:

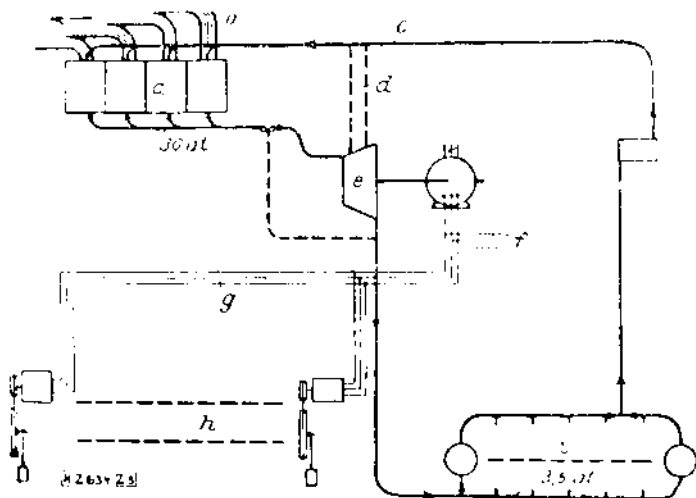
- а) термодинамический коэффициент полезного действия турбины — 0,83
- б) электрического генератора — 0,94
- в) электромотора — 0,9
- г) ременной передачи — 0,96

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%.