

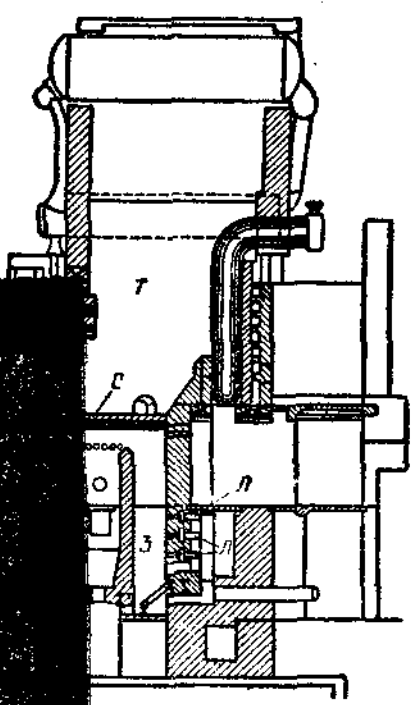
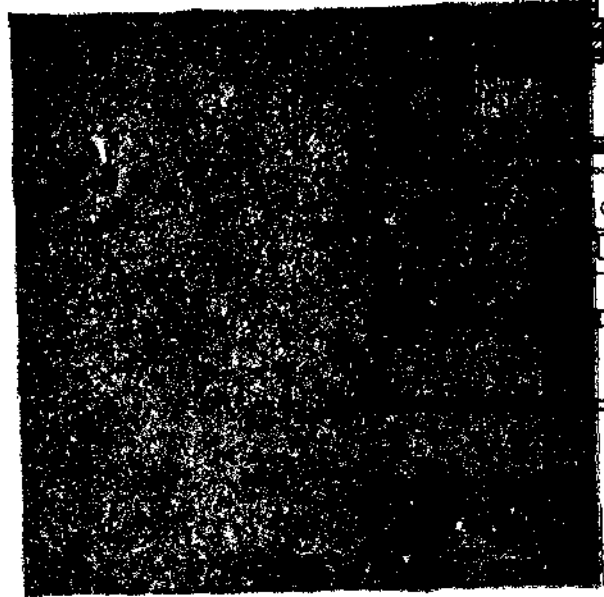
М. 42

Д Е П

ИМ. П. А. МЕДВЕДЕВ



СЛАНЦЫ КАК ТОПЛИВО



Инж. П. А. МЕДВЕДЕВ ✓

317
2003

СЛАНЦЫ КАК ТОПЛИВО

68444417
282215
✓

ПОДАРИТЕ
39879

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА



СРЕДНЕВОЛЖЕСКОЕ КРАЕВОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1933 САМАРА

Петр Антонович Медведев

„СЛАНЦЫ КАК ТОПЛИВО“

Брошюра дает ответы на вопросы: что такое сланец, главные месторождения сланцев, качество различных сланцев, как лучше сжигать сланец в печах специального назначения и под паровыми котлами, опыты сжигания сланцев и их результаты, экономические соображения относительно замены сланцем других видов топлива, тепловые расчеты котельной для сланца.

Книга рассчитана на широкий круг специалистов по сланцевой проблеме и на рабочих и техников, интересующихся этой проблемой.

*Средневолжское краевое
Государственное издательство
Самара*

ПРЕДИСЛОВИЕ

Развивающееся гигантскими шагами народное хозяйство страны, требующее больших топливных ресурсов, предъявляет новые требования к расходованию топлива. Вопросы о топливе привлекают особое внимание партии, правительства и советской общественности. Разумно и экономно расходовать топливо, заменяя высокосортное и дальнепривозное местными видами топлива, — вот задача, которую предстоит решить в ближайшие дни нашим теплотехникам.

До сего времени низкосортному топливу мало уделялось внимания; бедность на рынке литературы по этим видам топлива усложняла изучение и применение его в наших котельных. Вот почему выход в свет брошюры «Сланцы как топливо» инж. Медведева П. А. является ценным пополнением технической литературы.

Настоящая брошюра ставит перед собой задачу осветить подробно и популярно вопрос о сланцах как топливе, что и выполнено инж. Медведевым в полной мере.

Широкий читатель в брошюре найдет ответ на некоторые вопросы по сланцам как топливу (происхождение сланца, сланец как топливо, как топить и экономно сжигать сланец, системы топок, расчет котельных и пр.).

С изданием брошюры «Сланец как топливо» осуществление поставленной партией и правительством задачи о замене дальнепривозных и высокосортных топлив низкосортными и местными (сланцем) упрощается.

Брошюра может быть рекомендована широкому кругу специалистов, работающих по сланцевой проблеме, хозяйственникам, а также и широким рабочим массам: в этой брошюре каждый из них найдет ответ на интересующие его вопросы по сланцам.

А. Кайдалов

18 марта 1933 г.

ОТ АВТОРА

Бурный рост промышленности Советского союза предъявил колоссальные требования к топливдобывающей промышленности, а также к транспорту, который должен продвинуть грузовые потоки топлива к местам его потребления. Как топливдобывающая промышленность, так и транспорт до сих пор еще не смогли справиться с предъявленными к ним огромными требованиями. Это создало некоторые временные затруднения в топливоснабжении нашего Союза.

Нужно заметить, что топливдобывающая промышленность до последнего времени была сконцентрирована в основном в немногих самостоятельных точках, расположенных в большинстве случаев на окраинах (Кавказ, Донбасс, Кузбасс и т. д.), вдали от мест потребления топлива. Географическое размещение топливдобывающей промышленности вдали от основных топливпотребителей создало излишние грузовые потоки для перемещения топлива с места его добычи к потребителю, перегрузило наш и без того напряженный железнодорожный и водный транспорт.

Почти до последнего времени все крупные потребители топлива, как новостроящиеся, так и существующие, в основном базировались на высококалорийном и дальнепривозном донецком и нефтяном топливе, совершенно не используя местные виды топлива (торф, сланец и др.) и не придавая им серьезного значения.

Все это вместе взятое усиливало и углубляло дефицит топлива в нашей стране.

Шестнадцатый партийный съезд обратил особое внимание на топливоснабжение нашей страны. Он признал необходимым: «В ближайшее время добиться полной ликвидации дефицита топлива в стране».

Кроме того:

«Смягчение и затем полная ликвидация дефицита топлива требуют максимального увеличения добычи и использования местных топлив (торфа, сланца, местных углей), заменяя ими везде, где это возможно, дальнепривозное топливо».

«При этом съезд предлагает принять меры к тому, чтобы высокоценные угли, имеющие специальное значение для целей коксования и химии, не сжигались в топках. Съезд предлагает ЦК провести жесткие мероприятия, сохраняющие эти сорта топлива для указанных целей. Рациональное использование местных топливных ресурсов и электроэнергии имеет гигантское значение для облегчения топливного баланса нашей страны».

Вот те основные установки, которые нам дал шестнадцатый партийный съезд для изжития топливных затруднений нашей страной и внедрения местных видов топлива в топливный баланс нашего Союза.

В целях изжития топливного дефицита нашей страной, в частности Средне-и Нижневолжским краем, необходимо в максимальных размерах использовать местные виды топлива.

В качестве местных видов топлива в Средневолжском, а также и в Нижневолжском крае и в Ленинградской области на нынешний день является сланец с громадными миллиардными его запасами. Эти запасы особенно огромны в Средне-и Нижневолжском крае.

Сланцевое топливо является совершенно новым, еще недостаточно изученным топливом и не имеющим распространения, как топливо не только в Средневолжском крае, но и во всем советском Союзе.

Разрешение и освоение проблемы сжигания сланца в печах специального назначения (кирпичные и известковообжигательные, а также цементные и керамические печи), газогенераторах, двигателях внутреннего сгорания (газовые двигатели), а также в топках под паровыми котлами является темой нынешнего дня, которая не терпит отлагательства ни на одну минуту.

В целях проведения в жизнь решений шестнадцатого партийного съезда и последующих распоряжений и указаний директивных и руководящих органов о внедрении в топливный баланс местных видов топлива, в частности сланца, необходимо как рабочей массе, так и техническому персоналу, соприкасающемуся с практическим разрешением проблемы внедрения сланца в топливный баланс, овладеть техникой сжигания сланца, хорошо познакомиться со всеми свойствами и качествами сланца как топлива. Только при этих условиях можно освоить сланец в качестве местного топлива.

Почти полное отсутствие на книжном рынке литературы по сланцевому топливу понуждает издательство и автора выпустить в свет настоящую работу, охватывающую собою как изучение техники сжигания сланца, так и руководство по обслуживанию специальных печей и топок, работающих на сланце.

Только внедряя местные виды топлива, в частности сланец, и осваивая технику его сжигания, можно выполнить постановление шестнадцатого партийного съезда о вывозе дальнепривозного и высококалорийного донецкого и нефтяного топлива, а также вывозить железнодорожный и водный транспорт от перевозки дальнепривозного топлива, заменяя сланцем дальнепривозное донецкое и нефтяное топливо.

Особенность и достоинство сланцевого топлива выражаются в том, что сланцевая зола представляет собою строительный материал. Если сланец хорошо сожжен и зола его представляет собою серую однородную расплавленную массу, без содержания невыжженного углерода, и если полукокс и кокс сланца сжигался при температуре разложения карбонатов, т. е. при $920-950^{\circ}\text{C}$, то такая зола представляет собою хороший штукатурный материал и может быть пущена на строительство вместо алебаstra. От добавки к этой золе негашеной извести в определенном соотношении к золе сланца и тщательного последующего размола смеси на специальных размалывающих машинах получается масса, обладающая цементирующими свойствами.

Если эту золу размолоть и пропустить через смесительные и прессовочные аппараты завода силикатного кирпича, а затем спрессованные из золы кирпичи запарить в запарочных котлах, то получается хороший силикатный кирпич.

Эти положительные качества сланцевой золы дают экономическую базу для распространения сланца как топлива и внедрения его в топливный баланс.

Если приравнять стоимость хорошо выжженной сланцевой золы к стоимости негашеной извести, роман цемента или алебаstra, то использование сланца как топлива в котельных большой мощности с механизированной подачей сланца и удалением золы определяется минимальной стоимостью и сланец при этих условиях может явиться вне конкуренции со всеми другими видами топлива.

При составлении настоящей работы частично были использованы печатные материалы по сланцу, разбросанные в периодической и непериодической литературе. В большинстве же приведен неопубликованный материал, являющийся результатом работы бывшего Средневожского крайсовнархоза, ныне крайтопливкома, а также работы Поволжского отделения Всесоюзного теплотехнического института (ПОВТИ) в Самаре, ныне переименованного в Средневожскую проектно-монтажную контору «Сланцетопка».

Считаю приятным долгом выразить искреннюю и глубокую благодарность директору ПОВТИ инж. Лошкареву и заместителю директора ПОВТИ инж. В. А. Зеланду за оказанную любезность воспользоваться имеющимся у них материалом по сланцевым топкам системы ПОВТИ, а инж. В. А. Зеланду помимо того за те указания, которые им были сделаны при просмотре рукописи настоящей работы.

В виду ограниченности листажа этой книги в ней не нашли отражения некоторые вопросы, имеющие немаловажное значение при комплексном разрешении задачи внедрения сланца в топливный баланс. Таковы вопросы: дробление сланца и дробильные аппараты, внутри—и вне-заводской транспорт сланца и его золы, приспособления для подачи сланца в котельную и удаления золы из котельной, основные качества сланцевой золы и ее использование.

Если найдется тип топки, вполне пригодной для сжигания сланца, то это еще не значит, что вопрос экономного и рационального сжигания сланца целиком и полностью решен. Правильное решение задачи дешевого использования сланца как топлива может быть найдено только при комплексном разрешении всех вышеуказанных вопросов.

Если в дальнейшем явится необходимость повторного издания этой работы, то указанные и не попавшие сюда разделы найдут в ней соответствующее отражение.

Автор.

СЫРЬЕВАЯ СЛАНЦЕВАЯ БАЗА

1. Сапропели

Водные растения и мельчайшие животные организмы морей и озер живут близ поверхности воды и образуют так называемый «планктон». Погибающие растения и животные этого планктона падают на дно водоемов и там без доступа воздуха происходит их разложение с обогащением остатков распада углеродом и водородом.

Если надземные растения, из которых образуются торф и каменный уголь, состоят в основном из углеводов, содержа незначительное количество жиров и белков в пределах от 9,6 до 29,6%, то в противовес им планктон в основном содержит большее количество жиров и белков, в пределах от 24,6 до 62,3%. Благодаря этому и продукты разложения планктона совершенно иные, чем они получаются от разложения надземных растений, дающих в результате торф и каменный уголь.

Разложившийся под водой планктон образует вещество, носящее название сапропеля, который также называется гнилым илом. Сапропель содержит до 90% летучих и около 10% кокса.

Падающий на дно планктон смешивается с минеральными веществами, как-то: глиной, известняком, песком, а также с ракушками, умершими морскими животными. Сапропель при своем разложении пропитывает эти минеральные вещества и ракушки, и смесь минеральной части с сапропелем получает название сапропелита.

По своему внешнему виду сапропелиты иногда бывают похожи на каменный уголь, иногда на глинистый сланец, а в некоторых случаях на затвердевшую смолу.

Сапропелиты, похожие на уголь, называются сапропелевыми углями, похожие на сланец — сланцевыми сапропелями или просто сланцами. В дальнейшем будут рассмотрены из всех сапропелитов только сланцы, как имеющие большое значение для нашего Союза.

2. Сланцы

Сланцы произошли от осаждения планктона на дно морское.

Планктон осаждался в виде студенистой массы так же, как и теперь он осаждается на дно озер, болот и морских водоемов; осаждался он вместе с морскими животными и растениями и благодаря незначительной циркуляции воды не подвергался размыву и окислению, вследствие чего он не окислился, а подвергся только процессу образования так называемого горючего сланца.

В результате происходившего в течение веков постепенного изменения осевшего ила и под влиянием большого давления вышележащих

слоев образовалось своеобразное, до сих пор окончательно не изученное, горючее вещество, называемое сланцем, которое содержит в себе органическую часть, состоящую из углерода, водорода и серы.

Сланец богат остатками морских животных и растений, видимых простым глазом или под микроскопом.

Таким образом горючие сланцы есть морской илистый осадок, образовавшийся от осаднения на морское дно водных растений и мельчайших животных организмов и богатый органическими веществами, подвергшийся изменению в течение многих миллионов лет и уплотненный благодаря большому давлению вышележащих толщ.

Сланцы имеют распространение по всему земному шару. Их много в САСШ и там они давно разрабатываются. На территории нашего Союза имеется около 17 млрд. тонн сланцев, которые имеются: на территории Средне- и Нижневолжского края около 11 млрд. тонн; в Нижегородском крае около 6,5 млрд. тонн, в Ленинградской области 333 млн. тонн. Незначительные и пока еще неисследованные залежи сланцев имеются в других районах нашего Союза, которые в дальнейшем будут рассмотрены.

а) Сланцы Нижегородско-Чувашского района. К северо-западу от Средневолжского края, вдоль левых притоков р. Свияги и вдоль р. Суры и ее притока Пьяны тянутся сланцевые отложения, примыкающие с севера к Макарьеву и Чебоксарам и затем перекидывающиеся через р. Волгу и идущие вдоль р. Ветлуги. Эти сланцы занимают довольно большую площадь, до сих пор они не разведаны и обнаружены лишь в отдельных пунктах.

Мощность пластов сланца к югу от Волги равна около 1,6 м и имеет до 5 пластов с небольшими прослойками пустой породы, размерами, не превышающими 0,6 м. К северу от Волги, в Ветлужском районе количество сланцевых пластов доходит до 6, мощность слоев доходит до 2 м. Запасы сланцев всего этого месторождения исчисляются около 6,5 миллиарда тонн.

Отдельные образцы дали следующие показатели: зольность—59%, теплотворную способность—2400 кал/кг. В некоторых отдельных случаях зольность падает до 30—37% и калорийность повышается до 3880—4215 кал/кг.

б) Сланцы Волжско-Камского района. Это месторождение идет по Каме до р. Белой, захватывая г. Чистополь и уходя на 25 км от Камы в Мензелинский район.

Сланцы здесь не имеют сплошного залегания, а встречаются отдельными островками, размерами до 3 кв. км. Мощность этих залежей колеблется в пределах 1—1,5 м, состоя из 2 пластов.

По своей природе эти сланцы близко подходят к сапропелитам, имея зольность от 6 до 17% и содержа большое количество летучих веществ, достигающее до 70%.

в) Сланцы Уфимско-Пермского района. Эти залежи имеют распространение по склону Южного Урала, по речкам Уфе, Юрезани, Инзару и Чусовой. Площадь, занимаемая этими сланцами, по всей видимости, обширна, но они в разных местах далеко не равноценны.

Мощность сланцев колеблется от 0,4 до 2 м с толщиной отдельных прослоек от 0,05 до 0,30 м. Зольность этих сланцев колеблется около 64%.

г) Сланцы Московско-Костромского района. Эти сланцевые залежи обнаружены в коломенском направлении, но здесь они имеют отдель-

ные незначительные прослойки, при переходе же к площади Костромского района они становятся более мощными.

Мощность сланцевых залежей этого района доходит до 1,5 м при наличии 3—4 пластов сланца.

Отдельные анализы указывают на зольность, колеблющуюся в пределах 55—60% при калорийности в 3200—3400 кал/кг и при наличии летучих до 41% в воздушно-сухом сланце.

д) Сланцы Вятско-Сысольского и Печерского районов. Сланцевые залежи здесь занимают большие площади в верхнем течении р. Вятки, выше г. Вятки, по верхним притокам реки Сев. Двина и Мезени и по рр. Ижме и Колве, впадающим в р. Печеру. Площадь залежей простирается до 3500 кв. км. Большая часть этой площади покрыта лесами.

Мощность всех пластов колеблется от 3 до 6 м. Эти сланцы богаты серой, доходящей в отдельных образцах до 4,5—6,4%. Зольность колеблется от 65 до 83% при содержании летучих до 28%.

е) Сланцы Ленинградской области. Ленинградские сланцы имеют два месторождения: Веймарнские и Гдовские, из которых более богатым отложением является Гдовский район.

Гдовский район занимает площадь сланцевых месторождений около 800 кв. км с общим запасом сланца до 400 млн. тонн при толщине пластов от 1 до 1,25 м. Это месторождение тянется от самой границы Эстонии до р. Луги.

Характеристика этих сланцев: влажность 1,5—22,5%, летучих — 29,4—70,12%, кокса беззольного — 5,15—17,74%, золы 24,12—46,67%, серы 0,51—1,04%; теплотворная способность 2438—6502 кал/кг. Химический состав органической массы: углерода C_o — 64,96%, водорода H_o — 3,11%, кислорода и азота $O + N = 25,93\%$.

Веймарнский район, являющийся продолжением эстонских сланцев, носит название веймарнских кукерситов. Эти сланцы имеют большое сходство с близлежащими эстонскими сланцами, ныне разрабатываемыми. Веймарнские сланцы занимают площадь около 10 кв. км около ст. Веймарн и д. Брюмбелы, и наиболее богаты горючими. Далее же на восток они постепенно становятся тоньше и беднее.

В Веймарнских сланцевых залежах имеется 3 пласта общей мощностью 0,60 до 0,78 м; общие запасы этого месторождения исчисляются в 35—38 млн. тонн.

Характеристика этих сланцев следующая: химический состав органической массы: углерода $C_o = 73,39\%$; водорода $H_o = 8,05\%$; кислорода и азота $O_o + N = 18,59\%$; азота $N = 0,26\%$; калорийность $Q_{орг} = 7450$ кал/кг. Рабочая масса имеет: летучих — 40,15—50,45%; золы 38,0—47,5%; калорийность $Q_{раб.} = 2700 - 3000$ кал/кг.

ж) Сланцы Средне-и Нижневолжского края. Эти месторождения сланцев имеют колоссальное распространение, особенно, на Общем Сырте, где сланцевая залежь начинается от г. Бузулука, идет на юг и переходит из Средневолжского в Нижневолжский край.

Кроме того сланцевые месторождения залегают по р. Волге в Ундорах, Захареве и Кашпирах. В последнее время обнаружены сланцевые залежи под Оренбургом у ст. Саракташ. Эти сланцы должны иметь колоссальную будущность в виду их близости к Халилов-Орскому металлургическому комбинату. Ниже описаны каждое из указанных

сланцевых месторождений. В конце книги приложена карта сланцевых залежей средне-и ниже-вожских месторождений.

А. Ундоровские сланцы

а) Месторождение сланцев. Ундоровские сланцевые залежи занимают Волго-Свияжский водораздел и побережье рр. Волги и Свияги и тянутся, начиная от селения Бессоновки в 5 км выше Ундоровской пристани и Б. Тарханы до деревни Поливы в 7 км выше г. Ульяновска. Таким образом сланцевое поле представляет неправильный клин, длина которого тянется на 40 км, а ширина достигает на севере до 25 км, а на юге до 7 км. Сланцевосная толща представлена чередующимися пластами глины и сланца. В Захарьевском руднике пропластков сланца три, в Ундоровском—пять-семь.

В северной части залежи у сел Бурцево и Тарханы сланцевая толща вклинивается и в некоторых местах выходит на дневную поверхность, в южной же части она уходит вглубь и у дер. Поливы погружается ниже уровня вод р. Волги. При постройке Ульяновского железнодорожного моста через Волгу сланцевые залежи были обнаружены ниже уровня Волги, а также и в самом Ульяновске; хотя залежи сланцев обнаружены и за Свиягой, в бассейне левых ее притоков, но распространены они там за пределами Средневожского края и по своей мощности практического интереса не представляют. Ундоровские залежи имеют семь слоев, из которых пять верхних слоев более мощные и сближаются между собою, а нижние два слоя менее мощные. Мощность пластов колеблется от 0,15 до 0,45 м, причем пять верхних пластов имеют суммарную мощность промышленной части до 1,5 м, со стороны р. Волги и до 2,25 м со стороны р. Свияги, имея отдельные пласты мощностью до 0,55 м.

Продуктивность всех семи пластов выражается в 2,94 тонны на 1 кв. м, а пяти верхних слоев в 2,32 тонны на 1 кв. м. Следовательно, промышленный интерес представляют верхние пять слоев. Запасы горючего сланца этого района определяются в следующих размерах:

а) разведанных		—400	млн. тонн
б) вероятных		—600	» »
в) возможных		—800	» »

Геологические и топографические условия местности позволяют производить разработку сланцев неглубокими шахтами, открытыми карьерами, а также штольнями со стороны р. Волги. Работы по добыче ундоровских сланцев облегчаются еще тем, что сланцевая толща выходит на береговую полосу р. Волги на протяжении до 35 км. Это обстоятельство делает месторождение сланца легко доступным для разработки штольнями со стороны р. Волги; равным образом оно доступно для разработки штольнями и с берегов р. Свияги.

Река Волга и Свияга являются хорошими путями вывоза сланца, так как штольни можно расположить непосредственно на берегу этих рек.

б) Качество ундоровских сланцев. В настоящее время не имеется вполне определенных и в достаточном количестве данных, характеризующих качества ундоровских сланцев, но имеются данные для отдельных месторождений сланца и отдельных проб, произведенных разными лицами и в разное время. Данные эти приведены в таблице 1.

Таблица 1

	По Кишу 1919 г.			По Регистру 1923 г.	По Розанову	Отдельные пласты					Среднее
	от	до	Второй пласт			I пласт	II пласт	III пласт	IV пласт	V пласт	
Легучих %	—	—	29,73	—	15—40	23,2	15,5	22,8	13,1	31,4	21,8
Влаги %	23,19	26,52	—	18%	—	16,2	11,2	15,6	15,45	19,9	15,2
Зола %	42,64	53,86	31,04	49—70	40—70	62,8	67,8	60,1	63,1	49,2	61,0
Всего баласт:	69,10	23,10	63,00	—	—	—	—	—	—	—	—
Углек. минер.:	—	—	—	—	—	14,0	15,7	17,1	18,8	19,4	17,2
Теплопроиз. кал.:	1125	1972	2457	1740	1400	—	—	—	—	—	1900
кг.	—	—	—	—	3400	—	—	—	—	—	2000
е	—	—	—	среднее	2000	—	—	—	—	—	—

Полный анализ по данным Всесоюзного Теплотехнического института и по проф. Раковскому представляется в таблице 2 в следующем виде:

Таблица 2

	Первая проба	Вторая проба	Проф. Раковского
Влажность в % W	12,03	11,95	абсол. сухой
З о л а A	55,86	54,78	58,59
С е р а S	2,88	2,78	3,47
Углерод C	18,21	18,26	21,54
Водород H	2,37	2,20	2,46
Кислород O	2,49	3,24	—
А з о т N		0,40	—
Углекислоты минерал. . . CO ₂	6,16	6,39	9,03
Содерж. летучих Л	26,40	22,48	—
Высшая теплотворная способн. кал. (кг) Q _p ^b	1839	1931	—
Влажность рабоч. топлива . . W _p	12,95	14	—
Низш. теплотвор. способ. ра- боч. топлива Q _p ⁿ	1639	1683	2190

Необходимо привести здесь в таблице 3 данные теплотворной способности отдельных первых пяти пластов по разным источникам.

Таблица 3

Пласты	Исследователи	Мощность в метрах	Высшая теплотвор- ная способ- ность
1	Бердников	0,53	3,240
	Топливком	0,34	3,300
	Среднее	0,45	3,270
2	Бердников	0,12	1,565
	Топливком	0,27	1,440
	Среднее	0,19	1,500
3	Бердников	0,24	1,399
	Топливком	—	—
	Вольский цементный завод	0,38	2,000
4	Вальгиса	0,32	2,043
	Среднее	0,34	1,844
	Бердников	0,60	1,887
5	Топливком	0,49	2,042
	Цементный завод	0,32	2,165
	Среднее	0,45	2,031
5	Бердников	0,60	1,618
	Топливком и Вольский цемент. завод	0,26	2,208
	Среднее	0,43	1,910
5	Средняя из всех	—	1,908
	Средняя, исключая Бердникова	—	1,972
	Средняя по прочим источникам на 10% влаги (ВТИ)	—	1,900

По данным Геолого-разведочного треста в 1930 г. Ундоровское месторождение, Захарьевский рудник, штольня № 1 имеют следующие мощности:

Таблица 4

Сланец	0,10 м.	0,26 м.
Глина	0,08 »	0,24 »
Сланец	0,27 »	0,58 »
Глина	0,11 »	0,20 »
Сланец	0,28 »	0,50 »
Глина	0,10 »	»
Сланец	0,26 »	»
Глина	0,25 »	»
Сланец	0,36 »	»
Итого сланца		1,27 м.
глины		0,44 »
Всего		1,71 м.
		1,78 м.

Промышленная калорийность сланца на абсолютно-сухую навеску 2000—1800 кал/кг. По Гергернедеру имеем следующие данные первого пласта, приведенные в таблице 5.

Таблица 5

1) Мощность	0,40 м.	0,25 м.	0,15 м.
2) Влажность	18,07% »	—	17,91% »
3) Удельный вес	1,75 »	1,90 »	1,58 »
4) Летучих	22,90% »	13,55% »	33,85% »
5) Золы (на сух. веш.)	62,8% »	72,5 % »	47,56% »

Зольность: 1) по ВТИ: а) видимая—61% и б) включая углекислоту минеральную,—67,7%; 2) по Бердникову: а) видимая—54,85 и б) включая углекислоту,—61%. Другие указывают: а) зольность видимую—56,25 и б) включая углекислоту,—61,75%. Если в среднем на сухое вещество взять баласт в 62%, то на воздушно-сухой сланец в 15% влажности будем иметь общий баласт в 76%.

Тигроскопической влаги в ундоровских сланцах имеется от 4 до 8%, остальная влага представляет собою не постоянную влагу, быстро испаряющуюся при летней сушке, но в то же время ундоровский сланец быстро таковую впитывает в себя из влажного воздуха, поэтому в мокрую погоду на открытом воздухе хранить ундоровский сланец является нецелесообразным, так как влажный сланец (от 15 до 25% влаги) горит плохо и не дает соответствующего эффекта. Свеже вынутый сланец имеет среднюю влажность около 25%. Содержание углекислоты колеблется в пределах от 7 до 10 и серы 1—2%. Ундоровские сланцы являются более бедными, чем сланцы Кампира и особенно Общего Сырта. По данным Битумсланца, ундоровский сланец имеет следующую характеристику: воды—5,7%, углерода—21,11%; водорода—2,44%; минеральной углекислоты—9,55%; золы—60,32%, теплотворная способность наименьшая—1800—2000 кал/кг на абсолютно сухую навеску. По Вальгису имеем в таблице 6 следующие показатели:

Таблица 6

	Ундоров- ский руд- ник	Захарьев- ский руд- ник	Централь- ный руд- ник
Легучих	19,31%	30,57%	40,93%
Кокса	19,65%	14,08%	—
Золы	64,04%	55,35%	—
Азота	0,40%	0,508%	0,408%

Б. Кашпирские сланцы

а) Месторождения сланцев. Кашпирские сланцевые залежи начинаются от села Кашпир, в 12 км южнее г. Сызрани и тянутся на юг на протяжении 6 км по берегу р. Волги до села Благовещенского монастыря, а также на протяжении 3,5 км вдоль берегов р. Кашпирки, имея повсюду выходы горючих сланцев на берегах этих рек и в глубоких оврагах. Выходы сланцев также наблюдаются между селами Кашпиром и Образцовым, по р. Кубре, у Кашпирских выселок и Новорачейки и в окрестностях села Репьевки, выходя на северо-запад от г. Сызрани. В настоящее время промышленный интерес представляют залежи горючего сланца только Кашпирского участка, как наиболее разведанного и имеющего большую продуктивность, чем Репьевский и Марьевский участки, в которых продуктивность падает по мере удаления от главного Кашпирского массива.

Кашпирские месторождения содержат четыре промышленных пласта, имеющих общую сланцевую мощность от 1,6 до 1,7 м при общей толщине всей массы в 3—3,2 м и составляя 50—55% сланца от всей породы. В северной части залежей и у Кашпир суммарная мощность четырех пластов понижается до 1,07 м, а по р. Кашпирке с другой стороны водораздела она доходит от 0,9 до 1,35 м, понижаясь на север и запад.

Весь массив Кашпирской сланцевой свиты можно разделить на три участка, а именно:

Первый участок на востоке граничит с р. Волгой и на западе с р. Кашпиркой, на севере ограничен пределом распространения второго пласта сланца (пласты постепенно вклиниваются к северу, начиная с первого), а на юге широтной линией, проведенной через пункт погружения сланцевой свиты под уровень р. Волги. Площадь этого участка равна 18,2 кв. км, при общей средней мощности всех четырех пластов в 1,3 м и при средней продуктивности в 1,94 млн. тонн сланца. На этом участке имеется много выходов сланцевых пластов наружу в оврагах по берегу р. Волги и Кашпирки, разработку можно вести штольнями.

Второй участок с востока примыкает к первому. На севере пределом распространения второго пласта сланцевой свиты служит пересечение с оврагом Малой Кубры, на западе линия, идущая от указанного пункта на Малую Кубру к верховьям до Деловой Кубры, а южная граница представляет продолжение к западу от южной границы первого участка.

Площадь этого участка 18,2 кв. км при средней продуктивности в 1,33 тонны на 2 кв. м. Запасы исчисляются в 20 млн. тонн сланца.

Третий участок с юга примыкает к участку первому и второму, далее ограничивается широкой линией, проведенной через северную окраину Благовещенского монастыря. На этом участке залежи сланца лежат ниже уровня р. Волги, доходя до максимальной глубины в 10—11 м ниже уровня реки. Разработка здесь возможна лишь шахтами глубиной 110—130 м.

Общая площадь участка равна около 30 кв. км, при средней продуктивности в 2,21 тонны на 1 кв. м. Запасы исчисляются в 57 млн. тонн сланца.

Общие же запасы всех трех участков исчисляются в 103 млн. тонн сланца, из которых можно получить 100 млн. тонн сланца, разрабатывая залежь до глубины 10 м ниже уровня р. Волги. Вероятные запасы всех Кашпирских залежей с учетом Марьевского и Репьевского участков выражаются в 500 млн. тонн сланца.

б) **Качество кашпирских сланцев.** Бывшим трестом «Цусланец», впоследствии «Битумсланец» и сланцеобъединением произведен ряд анализов кашпирского сланца, результаты которых с подразделением на отдельные слои, приведены ниже в таблице 7 (стр. 16).

Средние данные из большого числа анализов имеют следующие величины:

Для первого слоя из 11 анализов: средняя видимая зольность—52,34%, минеральная углекислота—9,46%, а всего баласта—61,80%, теплотворная способность—3168 кал/кг в абсолютно сухом сланце по высшему пределу, органической массы—38,2%; средняя влажность—17,31% и низшая рабочая теплотворная способность—2392 кал/кг при 17,31% влажности; при 10% влаги низшая рабочая теплотворная способность—2655 кал/кг.

Для второго слоя из 18 анализов: средняя видимая зольность—61,5%; минеральная углекислота—6%, а всего баласта—67,5%, теплотворная способность высшая на абсолютно сухую навеску 2950 к/кг, органическая масса—32,5%, низшая рабочая теплотворная способность при 17,0% влажности—2045 кал/кг; при 10% влаги—2245 кал/кг.

Для третьего слоя из 11 образцов: видимая зольность—61,9%, минеральная углекислота—6,29%, общий баласт—68,19%, органическая масса—31,85%, наивысшая теплотворная способность—2640 кал/кг; при 14,1% низшая рабочая теплотворная способность—2145 кал/кг; при 10% влаги—2205 кал/кг.

Для четвертого слоя из 11 анализов: средняя видимая зольность—65,1%, минеральная углекислота—15%, общий баласт—80,1%, органическая масса—25,9%; низшая рабочая теплотворная способность при 15,73% влаги—1240 кал/кг; при 10% влаги 1353 кал/кг, высшей сухой—1565 кал/кг.

По Гергернедеру имеем следующие данные, приведенные в таблице 8 на 17 странице.

В каждом пласте сланцевых залежей имеются пропластки, более богатые сланцем и обратно.

При сортировке сланца и его обогащении можно весь сланец разбить на три или четыре сорта, из которых сланец первого сорта с теплопроизводительностью в 3300—3500 кал/кг будет иметь летучих 33% и золы 49%, его получается около 40% от всего сортируемого сланца; второго сорта с теплопроизводительностью в 2100—2300 кал/кг.

Образцы	Толщина слоя в метрах	Л-тучих в %	Кокса в %	Минер. углекислоты	Зола в %	Влажность в %	Теплотворн. способ. при 10% влажн.	Теплотворн. способ. при 15% влажн.	Теплотворн. способ. абсол. сухого	Влажность
1	Неопр. 0,34	42,3	57,7	—	44,08	Неопр.	—	—	3580	—
2	—	30,0	—	—	56,5	20,15	—	—	3380	—
3	Неопр. 0,37	34,83	65,11	—	42,79	9,35	—	—	3580	—
4	—	46,23	54,77	—	33,6	16,03	—	—	4020	—
Среднее	—	38,34	59,2	9,46	44,24	15,19	3189	2980	3840	7,6
Второй слод (в абсолютном сухом слани)										
1	—	40,25	59,75	—	43,9	—	—	—	3906	—
2	—	40,57	59,43	—	44,74	5,7	—	—	3906	—
3	0,22	20,20	—	6,31	68,5	18,11	—	—	2400	—
4	—	40,0	—	5,70	42,6	16,28	—	—	3910	—
5	—	32,0	—	—	47,4	10,3	—	—	3490	—
6	—	30,0	—	—	56,5	20,15	—	—	3380	—
7	—	15,45	—	—	71,15	15,0	—	—	1840	—
8	—	14,45	—	—	68,8	15,36	—	—	1910	—
9	—	13,15	—	—	71,85	16,54	—	—	1720	—
Среднее	—	27,23	59,60	6,0	57,32	17,0	2329	2309	2940	9,0
1	—	36,7	63,20	—	51,95	—	—	—	3456	—
2	0,4	15,45	—	—	71,15	15,0	—	—	1840	—
3	—	—	—	—	59,7	13,2	—	—	2850	—
Среднее	—	26,07	63,20	6,29	61,0	14,1	2334	2200	2715	9
1	—	23,05	76,95	—	62,07	—	—	—	1722	—
2	0,21	14,45	—	—	68,80	15,36	—	—	1910	—
3	0,19	13,15	—	—	71,85	16,54	—	—	1720	—
4	0,38	9,90	—	—	75,75	15,65	—	—	1010	—
5	—	—	—	—	47,70	12,26	—	—	3060	—
6	—	34,65	—	—	65,35	7,57	—	—	3163	—
Среднее	—	21,0	76,95	15	58,00	15,73	1826	1678	2112	9

Таблица 8

П л а с т	Мощность в метрах	Влажность в %	Удельный вес	Летучих в %	Зольность в %	Калорий- ность
1 средн.	0,34	16,1	1,53	36,25	46,00	3500
2 »	0,33	15,86	1,75	17,68	66,00	—
2 верхн.	0,19	14,6	1,88	14,70	71,00	1700
2 нижн.	0,14	16,02	1,53	36,25	50,0	3500
3 средн.	0,39	15,63	1,75	19,00	62,8	—
3 верхн.	0,24	14,00	1,85	14,67	71,60	1800
3 нижн.	0,15	18,00	1,58	32,00	51,00	3000
Среднее взвешен.	—	15,8	—	28,0	57,5	2350

в количестве 40% и третий сорт с теплопроизводительностью в 1300—1500 кал/кг в количестве 20% с содержанием летучих 12% и золы 73%.

Здесь наблюдается некоторая закономерность между количеством летучих и теплопроизводительностью, а именно каждому одному проценту летучих соответствует 100—104 кал. Таким образом есть предположение, что при сортировке можно получить 40% сортируемого сланца с теплопроизводительностью в 3700 кал/кг, 40% с теплопроизводительностью в 2600 кал/кг и 20% с 1500 кал/кг, и явится возможность получить сланец с большей теплопроизводительностью, который можно транспортировать на расстояние до 200—300 км.

Делая сводку данных о всех четырех слоях залежей сланца, получаем таблицу 9 (см. стр. 18).

По данным проф. Розанова имеем следующую характеристику кашпирских сланцев.

Содержание летучих: (три пласта 20—22%, доходя до 42—46%.

» » четвертый пласт—13—15%.

Золы в лучших случаях 40—60%.

» в худших случаях 65—70%.

Теплопроизводительность трех пластов—1750—4200 кал/кг.

» в четвертом слое—2000 и ниже

» средняя—2500 и несколько ниже.

Ниже в таблице 10 приведен полный химический анализ кашпирского сланца, сделанный Теплохимическим институтом и по данным проф. Раковского (см. стр. 19).

По данным Битумсланца: воды—6, углерода—25, водорода—3,2%, золы—58,8%, минеральной углекислоты 9,2%, теплоотворная способность рабочая пайнизшая отсортированного сланца—2300 кал/кг. При перегонке в алюминиевой реторте: воды—10,1%, смолы—дегтя—10,52; газа—10,1%, полукокса—69—7, %.

По данным Вальгиса:

Таблица 11

Летучих	14,88%	19,31%	19,5%
Кокса	20,65%	19,37%	19,4%
Золы	64,47%	61,32%	61,1%
Азота	0,43%	0,45%	0,41%

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА

Сводная таблица технических анализов калийного сланца по 4 пластам с выводом средневзвешенных величин для первых трех пластов и для всех четырех

Пласт	Мощность	Влага	В сухом сланце			В сланце естествен. влажности р О _н	В сланце подсушен. до 10% влаги. Q _p низш. раб.	Составляющ. для случая		
			Летучих Л	Зола А	СО ₂ углекисл.			Влага	Летуч.	Зола
I	0,37	17,31	32,12	52,34	9,46	2392	2655	6,22	11,52	18,8
II	0,26	17,0	22,85	61,57	6,0	2045	2245	4,28	5,78	16,53
III	0,40 1,03	18,5	25,54	61,9	6,29	2025	2205	7,2	9,90	24,0
IV	0,35 1,38	17,86	19,91	65,11	15	суммарн из I+II+III 1240	1353	17,70	27,2	58,33
ср. взвеш. I+II+III+IV пластов										
Семки 3 пластов										
В сухих	Ниш. Q раб. с ест. вл.	Ниш. Q раб. с 10% влаж.	Составляющ. в расчете на все 4 пласта			Зола	СО ₂	вышш. Q сух.	Н Q ест. влажн.	Н Q с 10% влажн.
			Влажн. W%	Летуч.	Влажн. W%					
1136	860	555,0	4,63	8,61	4,63	14,1	2,53	848	641	712
657	516	567,0	3,19	4,31	3,19	11,6	1,13	490	386	423
1025	787	856	5,0	5,35	5,0	18,0	73	767	590	637
2820	2157	2377	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	4,54	5,04	4,54	16,5	3,8	421	314	344
—	сумма. II+III+IV пл.	—	17,36	23,31	17,36	60,2	9,24	2526	1931	2116

Таблица 10

Наименование	Результат одной группы сланцев	Результат второй группы сланцев	Проф. Раковский
Воды	11,64%	7,61%	абсол. сухой
Соли	51,14%	60,41%	54,86
Серы	3,76%	2,98%	4,85
Углерода	21,22%	17,53%	23,40
Водорода	2,62%	2,05%	2,89
Азота	—	0,35%	—
Кислорода	1,75%	1,99%	—
Минеральн. углекисл.	7,87%	6,88%	9,70
Содержание летучих	30%	20,69%	—
Высш. теплотворная способн.	2247 кал.	1858 кал.	—
Влажность рабоч. топлива	12,95	—	—
Нижняя раб. теплотв. способн.	2002 кал.	1638 кал.	—

При перегонке кашпирского сланца до температуры 450°C сланец разгоняется: газа 10,1%, смолы—10,5%, воды—10%, полукокса 69,4%.

Газ содержит в себе: сероводорода—27,%; угольной кислоты 14%; окиси углерода 4%; водорода—22%; метана 1,4%; этана—6%; непредельного ряда—6%; кислорода—1%.

Смола содержит: серы—7,1%, воды—1,3%, непредельных углеводородов—78%; фенолов—21%. Удельный вес смолы—0,97%, вязкость по Энглеру—1,84%.

В. Общесыртовские сланцы.

а) Месторождения сланцев. Общесыртовское месторождение горючих сланцев находится в 80 км на юго-запад от г. Бузулука и представляет собою площадь, вытянутую с северо-востока на юго-запад от с. Антоновки Андреевского района до села Щучкина у р. Таловки и на юго-запад до сс. Сестринского и В. Петровского. По материалам проф. Розанова все поле залежей сланца Общего Сырта можно разделить на четыре участка, а именно (см. карту в конце книги):

1) Северная А часть этого поля расположена на водоразделе (см. карту рр. Мочи, Сезьей, Таловки, Грачевки, Башкирки и Б. Иргиза и находится у сс. Покровки, Ивановки, Сергиевки, Фитая и Хозякова. Это поле наиболее разведанное и имеет наиболее мощный массив залежей сланца как в количественном, так и в качественном отношении (см. карту).

2) Средняя часть В поля в северной части примыкает к северному полю и тянется на юго-запад по водоразделу рек, текущих на восток с водораздела Средней и Малой Башкирки—Солянки, Грязнушки, Балабанки и текущих на запад рр. Б. Глушицы и Иргиза, проходя через сс. Хозяково, Фитая, Гусиху и хут. Константиновский.

3) Южный участок С на севере примыкает к среднему полю и тянется на юг по водоразделу рек, текущих на восток—Садомна, Солянка, на юг—Таловка и на запад—Б. Глушица, проходя через сс. Игумново, Графкино, Савельевский, Натальин Яр, Коцебу, Тарханки и др.

4) Северо-западный участок Д примыкает к южному участку и тянется на северо-запад по водоразделу рр. Б.- Глушицы, Камелика и Журавлевки, проходя через села: Тимошевский, Куликовский, Шимбадовка, Маркович, Семецовка и В. Пестравский, до Сестринского.

Каждое из четырех перечисленных выше полей имеет свои специфические особенности как в качественном, так и в количественном отношении, поэтому о сланцевых залежах Общего Сырта нельзя говорить, как о чем-то вполне однородном, и характеризовать их определенными качественными показателями. Необходимо каждое поле, как имеющее много общих показателей, рассматривать отдельно.

1) Северный участок А площадью около 114 кв. км с мощностью сланцевой свиты около 24 м содержит в себе четыре пласта горючих сланцев с суммарной мощностью всех пластов в 4,76 м. Пласты горючих сланцев по данным разведок 1921, 1929 и 1931 гг. имеют следующую мощность: I пласт—0,50,—0,42 м, II пласт—2,04—1,90 м, III пласт—1,55—2,40 м. и IV пласт—0,75—2,4 м. Наибольший интерес представляют второй и третий пласты и в меньшей степени первый и четвертый пласты.

Продуктивность пластов в этом участке следующая: I пласт—0,52 тонны на 1 кв. м, II пласт—3,05 тонны на 1 кв. м, III пласт—2,31 тонны на 1 кв. м. и IV пласт—1,12 тонны на 1 кв. м. Общая продуктивность всех четырех слоев достигает от 7,02 до 7,07 тонны на 1 кв. м.

Вся площадь этого участка выражается в 114 кв. км с возможными запасами сланца от 685 до 760 млн. тонн; но если принять во внимание неразведанную часть этого участка на юге верховьев р. Средней Башкирки, где заведомо имеются залежи сланца, то запасы всего участка исчисляются до одного миллиарда четырехсот тысяч тонн сланца. На этом участке залежи сланца выходят по берегам оврагов, рек и пригодны к разработке штольнями, этот участок наиболее разведан и наиболее ясен в отношении мощности и качеств залежи сланца.

2) Средний участок В, расположенный южнее северного, не обследован, и по этому участку не имеется данных ни о точном размере площади залегания сланцев, ни о мощности пластов, ни о качестве самого сланца. С достаточной достоверностью констатировано, что на этом участке залежи сланца имеются и они могут представлять собою значительный резерв запасов сланца для северного участка.

3) Южный участок С (см карту) в 1927 г. был обследован в верховьях рр. Б. Глушицы, Солянки, Таловки и Б. и М. Садомны на площади в 185 кв. км, из коих на 124 кв. км сланцевая толща обнаружена сохранившейся, а на 43 кв. км она была обнаружена сохранившейся частично.

Этот участок отличается большим непостоянством как в числе сланцевых пластов, их мощности, так и в качестве сланца. На площади (16×11) сохранившегося залегания обнаружено количество пластов сланца от 6 до 8 с суммарной мощностью в 7—9 м, с общей мощностью залежи всех пластов в 23—27 м. Наблюдаются случаи расщепления пластов сланца, уменьшение мощности и продуктивности и глубокое изменение качества сланца, переходя из сланца с хорошими качествами в сланец с плохими качествами.

Общие вероятные запасы разведанной части всего поля на протяжении в 185 кв. км определяются в два миллиарда тонн, из которых до 300 млн. тонн имеется сланца с наивысшей теплопроизводительностью

в 3000 кал. кг.; 500 млн. тонн с теплопроизводительностью 2—3 тыс. кал. и 1,2 млрд. тонн с теплопроизводительностью в 2000 кал. и ниже.

Если принять во внимание неразведанную часть этого поля на северо-востоке верховьев рр. Карабулатки и 2-й Барабановки, что составит до 30% общей площади этого южного участка, то общие запасы всего южного участка составят 2,5 млрд. тонн.

4) Северо-западный Д участок, расположенный в верховьях рр. Камелина, Сестры и рр. Овсянки, Журавлевки, Гусевой и Кочевой Глушицы, до сих пор еще не обследовался и имеет запасы не менее четырех миллиардов тонн. На этом участке сланец выходит по берегам рек и оврагов, в некоторых местах, как например у хутора Аржанова, Пономарева, пласты находятся выше уровня текущих вод, а у хутора Решетова, Локтина и в других местах сланец уходит немного ниже уровня текущих вод.

Общие разведанные, вероятные и возможные запасы сланцев на всех участках Общего Сырта выражаются в следующих цифрах:

На северном участке	около 1	млрд. тонн
» среднем участке	» 1,0	»
» южном »	» 2,6	»
» северо-западном	» 4,0	»

Всего около 8,6 млрд. тонн

Запасы кашпирских сланцев	0,500
» ундоровских »	0,8

Всего около десяти миллиардов тонн.

Разработка их в большинстве случаев возможна помощью штолен, так как имеются выходы по берегам рек, по склонам, в оврагах и кроме того на северном участке Общего Сырта сланец находится вблизи дневной поверхности, поэтому разработка возможна открытыми карьерами или неглубокими шахтами, так как наибольшая глубина залегания сланца около 25 м от дневной поверхности.

а) Качество сланца Общего Сырта. 1) Северный участок А является наиболее разведанным и исследованным. Нижеприведенная таблица 12 дает характеристику отдельным пластам залежи.

Таблица 12

Пласты	Мощность пласта в метрах	Продуктивность в тоннах на 1 кв. метр	Летучих %	Зола в %	Органическое вещество в коксе	Теплотвор. способность в кал. на кг.
I	0,42—0,50	0,52	13,75	72,52	13,63	1638
II	2,04—1,90	3,05	48,43	32,28	17,99	4000—4391
III	1,55—2,10	2,31	20,15	66,50	13,35	2045
IV	0,75—0,40	1,12	13,10	67,28	19,62	2004
Общая . .	4,6—4,90	7,01—7,07	—	—	—	—

Характеристика горючих сланцев (в рабѣ

МЕСТОРОЖДЕНИЕ СЛАНЦЕВ	Сорт сланца	Процентный состав рабочей сланцев в					
		Углеро- да Сr	Водоро- да Нr	Серы Sp	Кисло- рода Or	Азота Nr	Зола Ar
Кашпирский	Кусковой	20,46	2,48	4,95	6,65	0,71	45,97
	»	20,91	2,58	3,71	1,72		50,39
	»	17,53	2,05	2,98	1,99	0,35	60,41
	»	19,93	2,29	4,25	1,52	0,57	52,57
	»	17,93	2,11	4,82	0,51	0,05	56,52
Средние величины . . .	Кусковой	19,35	2,30	4,14	2,82		53,17
Ундорский сланец . . . Захарьевский рудник .	Кусковой	18,21	2,37	2,88	2,49		55,86
	»	18,26	2,20	2,78	3,24	0,4	54,78
Средние величины . . .	Кусковой	18,24	2,20	2,83	3,07		55,32
Веймарнский сланец . .	Кусковой	23,74	2,81	0,78	3,49	0,08	43,79
	»	24,57	3,05	0,83	3,59	0,08	42,87
	»	30,43	3,75	0,78	4,64		39,56
	»	30,63	3,70	1,11	4,60		38,53
	»	31,29	3,66	1,03	4,70		39,39
Средние величины . . .	Кусковой	28,13	3,39	0,91	4,24		40,83
Веймарнский сланец . .	Кусковой II и III пластов	30,15	3,55	1,00	5,02	0,09	39,84
		29,40	3,23	—	2,72		41,30
		29,30	3,35	—	6,89		41,15
		28,00	3,08	—	7,88		41,20
		30,15	3,55	1,00	5,02	0,09	39,84
		29,10	3,50	—	5,29		38,25
		26,85	3,55	0,45	5,45	0,07	40,45
Средние величины . . .	Кусковой II и III пластов	28,99	3,40	—	5,88		40,29
Веймарнский сланец . .	Брикеты	23,66	2,75	0,38	5,64	0,08	50,38
	»	23,43	2,83	0,40	6,33	0,08	49,50
	»	22,87	2,81	0,41	5,76	0,08	49,61
Средние величины . . .		23,32	2,80	0,40	5,92	0,08	49,83
Веймарнский сланец . .	Отсев	17,36	2,11	0,32	5,28	0,08	52,31
	»	17,30	2,10	0,30	4,92	0,07	53,17
	»	17,17	2,14	0,31	5,01	0,07	53,77
	»	17,50	9,06	0,28	5,23	0,08	53,50
Средние величины . . .	Отсев	17,33	2,11	0,30	5,11	0,08	53,18

чем состоянии) разных месторождений

массы % %		Золы в сухой массе А сух %	Летучих Л%	Низш. калор. Q _p ккал/кг	Температ. плавления сланц. золы °С			Примечание
Влаг. W _p	Карбон CO ₂ к				Начало деформаций	Размягчения	Жидко- плавкого состояния	
10,00	8,78	51,08	—	2080	—	—	—	Температуры плавления сланцевой золы определялись в полувосстановительной газовой среде.
12,95	7,75	57,87	—	2002	990	1090	1125	
7,81	6,88	65,53	—	1632	—	—	—	
10,15	8,72	58,51	78,08	2001	1070	1100	1140	
9,47	8,59	62,43	79,32	1744	1060	1125	1140	
10,08	8,14	59,08	78,70	1893	1040	1103	1135	
12,03	6,16	63,50	—	1639	990	1090	1130	В полувосстан. среде.
11,95	6,39	62,21	—	1683	—	—	—	
11,99	6,28	62,86	—	1661	990	1090	1130	
11,81	13,50	49,65	—	2291	1010	1180	1190	В полувосстан. газовой среде.
11,40	13,61	48,38	—	2405	—	—	—	
9,32	11,52	43,63	—	3085	1120	1130	1140	
10,16	11,27	42,89	—	3120	1100	1100	1180	
9,37	10,56	43,46	—	3128	1130	1150	1160	
10,41	12,09	45,60	—	2949	1090	1155	1168	
7,77	12,58	43,20	—	2971	—	—	—	
8,95	14,40	45,36	—	2697	—	—	—	
9,51	9,80	45,47	—	3061	—	—	—	
11,77	8,07	46,70	—	2888	—	—	—	
7,77	12,58	43,20	—	2971	—	—	—	
16,35	7,51	45,73	—	2713	—	—	—	
10,91	12,11	45,40	—	2905	1065	1120	1140	
10,43	11,01	45,01	—	2886	1065	1120	1140	
7,42	9,69	54,42	—	2253	1080	1200	1225	В полувосстан. среде.
7,79	9,64	53,68	—	2252	1100	1160	1180	
8,24	10,20	54,06	—	2187	1110	1100	1180	
7,81	9,84	54,05	—	2231	1097	1173	1195	
10,09	12,45	58,18	74,41	1590	1120	1170	1180	В полувосстан. газовой среде.
9,18	12,96	58,54	74,87	1545	1100	1155	1170	
8,16	13,37	58,55	73,46	1546	1160	1200	1220	
8,66	12,68	58,57	74,27	1603	1160	1200	1220	
9,02	12,87	58,46	74,25	1571	1135	1181	1198	

Химический суммарный анализ абсолютно сухого сланца представляется в таблице 13 в следующем виде (по данным проф. Раковского).

Таблица 13

Углерода	37,12%	Полуторн. окислен.	8,58%
Водорода	4,52%	Окиси кальция	8,06%
Серы	5,90%	» магния	0,28%
Углекислоты минеральной	5,12%	Щелочи	1,64%
Кремнезема	17,02%	Теплопроизводительность 3980 кал. кг	

Проф. Розанов по данным разведки 1931 года дает следующую характеристику сланцу второго пласта.

Таблица 14

Смолы	12,15%
Газа	10,14%
Состав газа в %оо:	
Сероводорода H_2S	38,81%
Углекислоты CO_2	11,34%
Тяжелых углеводородов $PCn H_{2n}$	5,65%
Окиси углерода CO	9,46%
Водорода H	15,67%
Углеводородов CnH_{2n+1}	19,67%

Этот анализ получен из лучшей пачки второго пласта, мощностью в 15 м.

2) Южный участок С является так же хорошо разведанным. Качество сланца здесь является довольно пестрым, имея теплотворную способность от 1100 до 3000 кал/кг и доходя иногда до 4000 кал/кг. Предварительные данные ориентировочно говорят за то, что наилучшего сланца с теплопроизводительностью в 3000—4000 кал/кг имеется около 15%; 3000 кал/кг—25%; 1100—2000 кал/кг—60%. Сланцы этого района отмечаются наибольшим содержанием серы, достигающим до 3—5%, а в иных случаях до 6,7% при среднем содержании серы 1,5%. Лучшие сорта сланца при сухой перегонке дают 7,5—13,2% смолы, газа—5,8—9,7%. Лучшие слои сланца содержат углерода—24—35%; водорода—3—7,4%; азота 0,52—0,6% и иногда до 1%; зольность от 44 до 66%.

Из вышеприведенных анализов сланца различных месторождений видно, что сланцы Средне и Нижневолжского края и Ленинградской области являются вполне пригодными для сжигания и служат местным видом топлива и вполне рентабельным при условии использования сланцевой золы в качестве стройматериалов.

В таблице 15 приведена сводная характеристика сланца разных месторождений (см. стр. 22-23).

ГЛАВА II

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СЛАНЦА КАК ТОПЛИВА

1. Химический состав топлива

Сланец, как и всякое топливо, состоит из органической массы и баласта. К органической массе относятся углерод С, водород Н, кислород О и азот N.

К баласту относятся зола А, вода W и сера S. Вода разделяется на внешнюю и внутреннюю или так называемую гигроскопическую. Внешняя влажность легко отделяется от топлива, внутренняя же трудно. Сера делится на горючую и негорючую, остающуюся в шлаках.

Следовательно, сланец, как и всякое топливо, состоит:

а) из органической массы $C_0 + H_0 + O_0 + N_0$ и б) баласта $B = A + W + S$. На рис. 1 и 2 представим химический состав органической массы топлива (рис. 1) и рабочего топлива (рис. 2) см. на сл. странице.

В органической массе имеется также баласт, но он не оставляет никаких следов после сгорания органической массы и является скрытым баластом. Этот баласт состоит из кислорода и азота. Азот не участвует в процессе сгорания топлива, а кислород, находясь в органической массе топлива, связывает некоторую часть горючей массы топлива, каковой является углерод и водород. Следовательно, кислород обесценивает топливо в отношении, его калорийности, но с другой стороны большое количество кислорода улучшает легковоспламеняемость топлива, поэтому чем больше кислорода в топливе, тем легче воспламеняется топливо. Наиболее теплоценным в топливе является водород, затем углерод и меньше всего сера. Чем больше водорода в топливе, тем теплоценнее топливо и обратно. Сера, помимо своей малой теплоценности, при сжигании топлива приносит вред топливным агрегатам и окружающему пространству, отравляя вонючим запахом окружающий воздух и портя металлические, незащищенные части, особенно сильно разрушая их в присутствии влаги. Кроме того присутствие серы в топливе делает его золой легкоплавкой.

При нагревании топлива без доступа воздуха, т. е. при сухой перегонке, вся масса топлива распадается на две части — на летучую и нелетучую часть, или так называемый кокс. Вода, составная часть баласта, также выделяется из топлива вместе с летучими органической массы топлива. При постепенном нагревании топлива сначала выделяется вода, затем углеводороды и, наконец, продукты частичного или полного окисления углерода, водорода, азота и серы. В коксе остается твердый нелетучий углерод, нелетучая часть серы и минеральные примеси, называемые золой. Если в коксе имеется небольшое количество летучих, то этот продукт называется полукоксом.

Если условно в топливе баласт приравнять нулю, т. е. $B = A + W + S = 0$, то топливо будет состоять из одной органической массы (см. рис. 1). Разбивая безбалластную массу топлива на составляющие ее эле-

менты, т. е. углерод, водород, кислород и азот, можно заметить, что преобладающим веществом в топливе является углерод, которого имеется в органической массе топлива от 44 до 97% (при антраците), затем кислород от 1,5 до 48,4% и, наконец водород 1—12%. Азота в топливе находится не более 1%.

Состав в % веса

органической массы топлива

рабочего топлива

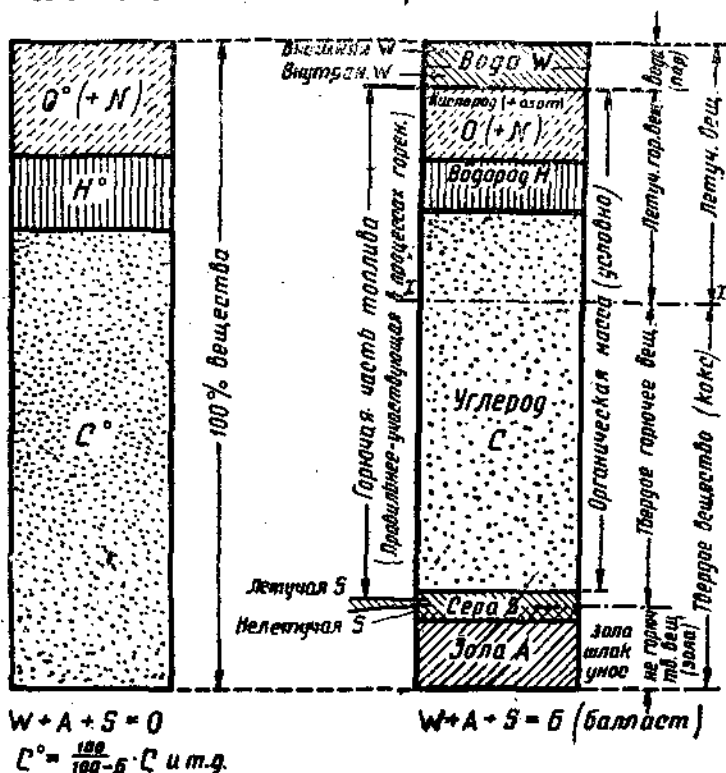


Рис. 1. Состав органической массы топлива

Рис. 2. Состав рабочей массы топлива.

Сравнивая количество летучих с химическим составом топлива, нетрудно подметить зависимость количества летучих от содержания в топливе кислорода и водорода. Чем больше в топливе водорода и кислорода, тем более летучих, и наоборот, а также, чем больше в топливе углерода, тем меньше летучих. Например, антрацит и каменноугольный кокс, состоя в основном из углерода, имеют минимальное количество летучих. Нефть, сланец, сапропель, имея большое количество водорода, состоят в основном из летучих веществ. Затем идут дрова с преобладающим количеством летучих. За ними торф, бурый уголь и в конце стоят тощие каменные угли. О количестве летучих веществ в топливе можно судить по химическому элементарному составу органической массы топлива; для ориентировочного определения летучих необходимо взять отношение содержания водорода топлива к углероду в эквивалентных их количествах. Если это отно-

шение больше единицы, то топливо все превращается в летучее вещество, не оставляя после себя кокса, если же это отношение меньше единицы, то топливо сначала выделяет летучие, а затем остается твердый остаток—кокс, т. е. углерод и зола. Чем это отношение водорода к углероду в эквивалентных их количествах подходит ближе к единице, будучи меньше единицы, тем больше топлива выделяет летучих и дает меньше кокса, и обратно, т. е. чем меньше это отношение, тем меньше летучих выделяет топливо и дает больше кокса.

Нижеприведенная таблица 16 дает химический элементарный состав топлива и соотношения водорода к углероду в эквивалентных их количествах.

Таблица 16.

НАИМЕНОВАНИЕ ТОПЛИВА	Элементарн. химич. состав топлива			Свободный водород, не связанный с кислородом	Эквивалентн. от- ношение водорода к углероду $H : C/12 : C/12 = 1$
	Углерод С%	Водород Н%	Кислород О%		
Газ или газовый уголь	20,0	4,2	0,0	4,30	2,60 : 1
Бензин	85,0	15,0	0,0	15,50	2,12 : 1
Керосин	85,0	14,0	1,0	13,90	1,96 : 1
Мазут	86,0	12,0	1,65	11,80	1,69 : 1
Бензол C_6H_6	92,3	7,7	0,0	7,70	1,00 : 1
Сланец	21,22	2,62	1,40	2,47	1,48 : 1

Последняя графа получается следующим подсчетом: процентное содержание углерода необходимо разделить на 12 (атомный вес углерода) и на полученное частное разделить процентное содержание водорода в топливе (атомный вес водорода равен 1). Вновь полученное частное указывает на соотношение содержания в топливе водорода к углероду в эквивалентных их количествах.

Пример. Сланец имеет элементарный химический состав: углерода С—21,22%, водорода Н—2,6%, кислорода О—1,45%. Для получения соотношения эквивалентных величин необходимо процентное содержание углерода С—21,22% разделить на 12, получим $21,22 : 12 = 1,77$. Далее процентное содержание водорода Н—2,62% разделить на только что полученное частное от деления $21,22$ на 12 , т. е. разделить на $1,77$ тогда имеем: $2,62 : 1,77 = 1,48$. Следовательно, соотношение содержания водорода топлива к углероду в эквивалентных их количествах в сланцах равно $1,48 : 1$, т. е. более единицы; следовательно, органическая часть сланца при нагревании без доступа воздуха почти вся превращается в летучие.

2. Характеристика сланца как топлива

Горение сланца сильно отличается от горения каменного угля, дров и торфа. Если при сжигании дров, торфа и длиннопламенных каменных углей выделение горючих летучих идет почти все время, пока горит топливо, то при сжигании сланца этого не наблюдается. Выделение горючих летучих у сланца протекает очень быстро, а дожигание полукокса и выжигание кокса происходит очень медленно. В момент загрузки сланца в раскаленную топку происходит бурное выделение летучих, а затем процесс выделения горючих летучих за-

медляется и начинает выгорать кокс, выгорание которого длится сравнительно долгое время. Это обстоятельство необходимо учесть при конструировании сланцевых топек.

Помимо этого отличительными чертами сланца как топлива являются:

- а) большая его зольность от 45 до 75% по весу, а количество получаемой золы по объему почти равно количеству загруженного сланца;
- б) легкоплавкость сланцевой золы, колеблющаяся в пределах от 900 до 1200° С;
- в) малая калорийность;
- г) большое количество летучих, не говоря о большом содержании горючей серы.

С этими особенностями сопряжены те затруднения, которые встречаются на пути использования сланца в качестве топлива.

Разбирая отдельно каждую особенность сланца, имеем:

- а) Зольность сланцев колеблется в пределах: для веймарских сланцев от 39 до 54%, кашпирских от 40 до 65%, захарьевских от 54 до 68%, ундоровских от 55 до 75% и общесыртинских от 35 до 55%. Таким образом видно, что в сланцах золы в 2—4 раза больше, чем в подмосковном угле, в 4—6 раз больше, чем в хорошем торфе и в 40—50 раз больше, чем в дровах.

После выгорания горючей части сланца зола сохраняет первоначальную форму и размер соответствующих кусков заброшенного в топку сланца. Объем золы примерно составляет 75—80% сожженного сланца. Горячая зола, содержащая в себе невыгоревшие частицы, при выгребании из топки выделяют удушливый сернистый газ. Поэтому золу с невыгоревшими частицами в горячем состоянии выгребать не следует, необходимо ее остудить в зольнике, а затем удалить.

Зола сланца, будучи хорошо выжжена и не содержа в себе горючих частиц, применяется в качестве стройматериала, как цементирующее вещество и как сырье для штукатурных работ. Кроме того зола, имея большое количество щелочей, может быть употреблена в качестве щелока при стирке белья.

Так как сланцевая зола в топке не рассыпается в мелочь, которую можно было бы при шуровании целиком провалить через отверстия между отдельными колосниками, а сохраняет форму кусков заброшенного в топку сланца, поэтому необходимо в топку загружать сланец в сортированном виде, предварительно раздробив и пропустив через грохот раздробленный сланец.

Только при загрузке сортированного сланца можно получить соответствующий тепловой эффект от сланца и не нарушить правильного процесса горения в топке.

- б) Легкоплавкость. Плавление сланцевой золы колеблется в пределах от 900 до 1220° С. При температуре 900° С происходит оплавление золы, при 1100° С зола начинает размягчаться и при 1250° — 1300° С зола превращается в жидкое состояние.

При температуре оплавления золы поверхность ее кусков покрывается тонким расплавленным стеклянным слоем, который закрывает все отверстия (поры) куса, летучие горючие газы сланца не могут из куса выйти наружу, благодаря чему горение прекращается.

Чтобы в этом случае горение продолжалось, необходимо производить непрерывное перемешивание и дробление кусков сланца и этим дать возможность вновь выделяться горючим летучим.

в) **Калорийность сланца** колеблется в пределах от 1500 до 3500 кал/кг, имея среднюю рабочую промышленную калорийность около 1800—2400 кал/кг. Эта средняя пониженная калорийность объясняется тем, что в большинстве случаев имеется смесь высоко- и низкокачественного сланца, не говоря о том, что сланец нередко засорен породой.

г) **Влажность сланца.** Свеже вынутый сланец имеет большую влажность от 12 до 25%, но, будучи вынут на дневную поверхность, сланец быстро сохнет; воды в нем остается от 5 до 12%. В таком виде в большинстве случаев сланец поступает в топку при условии, если имеются при заводах соответствующие благоустроенные сланцехранилища. Сланец под открытым небом в мокрую и снежную погоду быстро приобретает увеличенную влажность, доходящую иногда до 25%.

При высыхании сланец обнаруживает слоистое строение и растрескивается. В таком состоянии его можно легко отделить от пустой глинистой породы, вкрапленной в сланец. Отсортированный сланец имеет довольно высокую калорийность, доходящую от 4000 до 5500 кал/кг.

Благодаря свойству расслоения сухого сланца имеется возможность производить обогащение сланца.

д) **Летучая сера.** Довольно значительное содержание серы является отрицательным свойством сланца как топлива, так как летучая сера вредно действует не только на не защищенные металлические части котельных установок, но и на окружающую природу. Сернистый газ, выходящий из дымовой трубы, вместе с дымовыми газами, спускается на низ, распространяя сланистый запах жженой резины. Кроме того этот сернистый газ в дождливую, мокрую и туманную погоду садится на железные крыши зданий и быстро раз'едает их, а также губительно действует на растительный и животный мир. Сернистые газы, выделяющиеся при горении сланца, легко портят металлические части в том случае, если эти металлические части не имеют кислотоупорного защитного слоя и если на незащищенных металлических частях имеется влага. Благодаря этому железные дымовые трубы в дождливую и мокрую погоду быстро портятся от действия сернистых газов. Необходимо стремиться удалить сернистые газы из дымовых газов.

е) **Горючие летучие сланцы.** Горючая беззолная часть сланца в основном состоит из летучих, которых имеется в горючей массе от 65 до 75%, доходя в некоторых случаях до 90%.

Таким образом горение сланца происходит главным образом в пламени, т. е. происходит горение летучих веществ. При горении летучих выделяется примерно около $\frac{2}{3}$ всей теплотворной способности сланца, а $\frac{1}{3}$ теплотворной способности остается в коксе.

Сланец, попадая в раскаленную топку, быстро выделяет большое количество летучих, происходит бурное газовыделение. Чтобы в этот момент происходило полное сгорание горючих летучих, необходимо иметь достаточное количество воздуха и высокую температуру топочного пространства.

После выделения летучих на колосниковой решетке остается кокс с содержанием от 10 до 20% горючей нелетучей массы и от 80 до 90% золы.

Особенность золы плавиться при 900—1200°C и малое содержание горючего в коксе диктует, с одной стороны, разделение процессов возгонки летучих от выжигания горючих из кокса и, с другой—выработку такой конструкции топки, на которой было бы возможно дожечь

полукокс и выжечь кокс. Это обстоятельство долгое время мешало распространению сланца в качестве топлива, а многозольность его вообще делала его нежелательным топливом. Но при использовании золы в качестве стройматериалов сланец является наиболее рентабельным топливом, чем другие многозольные виды топлива.

Так как в коксе основной массой является минеральная часть — зола, обладающая малой теплопроводностью, поэтому выжигание из кокса горючей части (углерода и серы) продолжается сравнительно долгое время в противовес быстрому выделению и сгоранию горючей летучей части сланца.

При сжигании сланца и конструировании топки необходимо это обстоятельство учесть, приняв во внимание бурное выделение горючих летучих и очень медленное выгорание из кокса нелетучей горючей части сланца.

Благодаря этому все попытки сжигать сланец на простых колосниковых решетках, прежде установленных под котлами для сжигания дров, торфа или каменного угля, к положительным результатам не привели, так как при загрузке новых порций сланца количество выделяемого тепла вполне достаточно для поддержания пара в котле, но после момента выделения горючих летучих начинает выгорать горючая часть полукокса и кокса. Процесс выгорания горючих из полукокса и кокса идет очень медленно, поэтому тепла становится недостаточно и пар в котле садится. Кроме того в момент заброски свежих порций сланца выделяется большое количество дымовых газов. Для нормальной работы котельной установки необходимо сланцевую топку конструировать так, чтобы иметь возможность полностью выжечь горючую часть полукокса и выжечь кокс, сжигая в то же время полностью все летучие свежезаброшенного топлива, т. е. иметь вполне достаточных размеров топочные пространства, а также колосниковую решетку для дожигания полукокса и выжиг кокса.

При выгребании золы с невыгоревшими частицами происходит ненужная потеря горючих, отчего ухудшается полное использование топлива, а выделяющиеся сернистые газы распространяют удушливый запах, что сильно усложняет работу кочегаров. При выгребе раскаленной золы происходит потеря тепла с выгребом от 12 до 20% вместо обычных 2—4%.

3. Особенности горения сланца

Как было указано выше, горение сланца сильно отличается от горения каменного угля, дров и торфа, так как сланец имеет большую зольность, легкоплавкую золу, большое количество летучих.

При сжигании всякого твердого топлива, в том числе и сланца, можно наблюдать следующие пять стадий горения топлива, а именно: 1) подсушка топлива, 2) возгонка горючих летучих, 3) сжигание полукокса, 4) выгорание горючих из кокса и 5) выжиг очаговых остатков и их охлаждение.

Разбирая каждую из этих стадий, имеем:

а) Подсушка топлива. Всякое топливо, в том числе и сланец, попадая в раскаленную топку, прежде всего подсушивается, выделяя влагу. Этот процесс происходит за счет теплоты, получаемой извне, и подготавливает топливо к горению.

б) Возгонка горючих летучих происходит после удаления значительной части влаги топлива.

По мере подсушки топлива и повышения температуры его, топливо начинает разлагаться на летучую и нелетучую часть. В этой стадии из слоя топлива выделяются углеводороды, различные продукты полного и неполного окисления углерода, водорода и серы. Для разложения топлива на летучую и нелетучую часть требуется приток теплоты также извне; но помимо этого некоторые легко воспламеняющиеся летучие загораются тут же над слоем топлива, чем усиливают процесс разложения топлива на летучую и нелетучую часть.

Если первая стадия подсушки топлива целиком протекает за счет теплоты извне, то вторая стадия разложения топлива протекает за счет теплоты, получаемой извне и частично за счет собственного тепла, выделяющегося при горении летучих над слоем топлива.

При горении сланца резкой границы между первой и второй стадией не наблюдается, так как в то время, когда сланец полностью не подсохнет и влага в нем еще имеется, начинают выделяться легколетучие горючие вещества, т. е. первая стадия еще не закончилась, как началась вторая стадия горения сланца. По мере повышения температуры слоя топлива происходит дальнейшее удаление влаги и дальнейшее разложение топлива на летучую и нелетучую часть. В это время выделяются летучие с высокой температурой испарения. После этого горение сланца подходит к третьей стадии.

в) Сжигание полукокса. Эта стадия характеризуется тем, что топливо совершенно освободилось от влаги, большая часть летучих удалена, в топливе осталось незначительное количество летучих и имеется весь нелетучий углерод и сера.

Если вторая стадия отличается горением с наличием большого пламени, при большом выделении горючих летучих, то третья стадия отличается наличием короткого пламени с небольшим количеством выделяющихся горючих летучих, процесс горения идет внутри слоя топлива в присутствии высокой температуры и большого количества выделяемого тепла.

г) Выгорание горючих из кокса, т. е. выгорание углерода и серы происходит после того, как топливо лишилось всех летучих и некоторой незначительной части нелетучего углерода. Эта стадия характеризуется совершенно спокойным горением раскаленного беспламенного слоя топлива. При многозольных топливах, как например сланец, нужно очень много времени, чтобы выжечь углерод и серу из кокса.

д) Выжигание и охлаждение очаговых остатков. Резкой границы между четвертой и пятой стадией горения сланца не наблюдается. Сланец, имея большую зольность и малую теплопроводность золы, требует продолжительного времени на полное выжигание остатков углерода и серы из очаговых остатков, а также на их полное остужение.

При проектировании разных конструкций топок для сжигания кускового сланца необходимо все эти обстоятельства горения сланца учесть.

Если приходится сжигать сланец с наличием большой влажности, необходимо предусмотреть устройство предтопка, в котором сланец будет подсушиваться, не требуя большого количества лучистой теплоты от топочного пространства и тем не нарушая нормального хода работы топки.

Наличие в сланце большого количества горючих летучих диктует необходимость предусмотреть топочное пространство достаточных размеров с наличием сводиков для тщательного перемешивания воздуха и огненных газов.

Так как выделение горючих летучих у сланца происходит в сравнительно короткий промежуток времени и процесс выделения летучих требует притока теплоты извне, поэтому при проектировании сланцевой топки необходимо для этой стадии горения предусмотреть подачу тепла извне, каковая теплота может быть подана из топочного пространства, так называемой лучистой теплотой или протеканием поверх слоя топлива огненных горячих газов, полученных от сжигания полукокса и кокса. Избыток теплоты начинает действовать на легкоплавную часть золы сланца, оплавливая сланец, поэтому необходимо сланцевому слою дать столько тепла, чтобы сланец не плавился.

Если первые две стадии горения сланца, т. е. подсушка и возгонка летучих протекают в довольно короткий промежуток времени, то остальные 3 стадии для своего полного завершения требуют довольно продолжительного времени. Особенно затягивается четвертая и пятая стадия, т. е. выгорание кокса и выжигание и охлаждение очаговых остатков. Это затягивание объясняется большой зольностью сланца

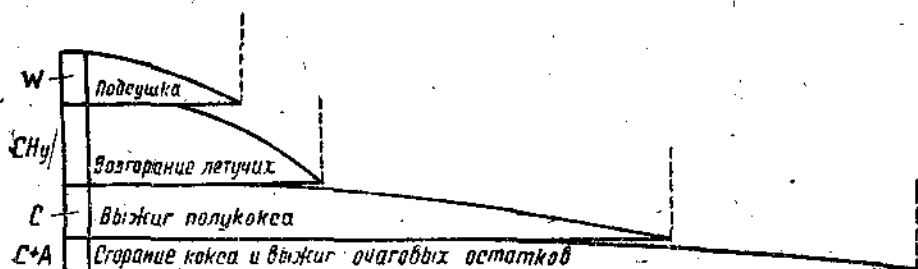


Рис. 3. Диаграмма горения сланца (беззольная масса). Стадии горения сланца сильно растянуты, особенно горение полукокса, кокса и выжиг очаговых остатков и их охлаждение. Одна стадия сильно набегае на другую.

и малой теплопроводностью его золы. Благодаря этой последней особенности сланца, сланцевая топка имеет растянутый вид, увеличивая свою длину за счет четвертой и пятой стадии горения сланца.

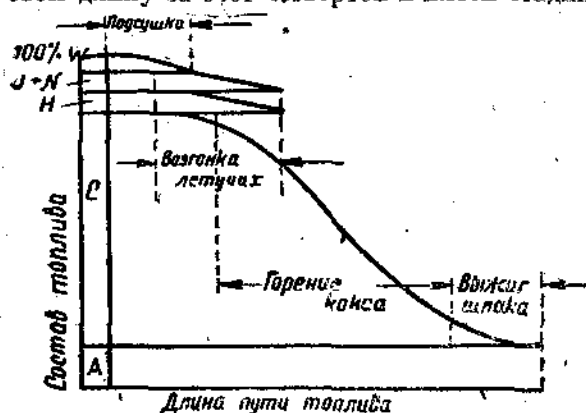


Рис. 4. Диаграмма горения каменного угля. Стадии горения имеют разграничение. Подсушка, возгонка летучих и выжиг шлаков занимают сравнительно короткий срок.

Здесь выжиг шлака занимает сравнительно незначительную величину, что можно видеть из рис. 4, т. е. сильно разнится от горения сланца.

На рис. 3 схематически представлен процесс горения сланца.

Как видно из диаграммы, стадии горения сланца перекрывают одна другую. В то время, как подсушка топлива не закончилась, началась возгонка летучих и т. д. Наибольшую растянутость имеют стадии выгорания кокса и выжиг очаговых остатков.

Совершенно иное наблюдается при горении каменного угля.

СЖИГАНИЕ СЛАНЦА В ГОЛЛАНДСКИХ ПЕЧАХ

Вопрос сжигания сланца в голландских печах и кухонных очагах давно решен в положительном смысле. Еще в 1920 г. был дан тип топливника для голландских печей. Этот тип толки сохранил свои основные черты и по настоящее время.

На рис. 5 представлен чертеж топливника для голландских печей. Дверки 1 и 3 должны быть обязательно с герметическим затвором. Сланец загружается через дверку 1 и поддерживается на колосниковой решетке 2. Колосниковая решетка покоится на двух железных или чугунных брусках 4, размерами 25×25 мм.

Колосниковая решетка не должна доходить до задней стенки. Необходимо между колосниковой решеткой и стенкой оставлять промежуток 5, чтобы легко можно было выгребать золу через нижнюю дверку 3, называемую поддувальной дверкой. Можно колосниковую решетку делать и до задней стенки, тогда зола удаляется через загрузочную дверку 1, что нежелательно, так как выгребать золу из углубления 6 неудобно, прогнать же всю золу через колосниковую решетку не представляется возможным в виду того, что зола представляет собою твердые куски почти тех же размеров, какие имел заброшенный в печь сланец.

Если имеется голландская печь с двумя герметическими дверками и колосниковой решеткой, то в такой печи можно вести сжигание сланца без переделки топливника.

При наличии в голландке одной дверцы, устроенной для сжигания дров, необходимо топливник переделать таким образом, чтобы иметь установленной колосниковую решетку и две герметически закрывающиеся дверки.

Ни в коем случае нельзя допускать трещин в корпусе голландской печи, так как сернистый газ, образующийся при сжигании сланца, через эти трещины легко проникает в помещение и отравляет воздух; также не следует допускать выгребов и выноса из печи горячей золы, последняя испускает из себя зловонные сернистые газы, легко распространяющиеся по всем помещениям, через которые пронесится зола.

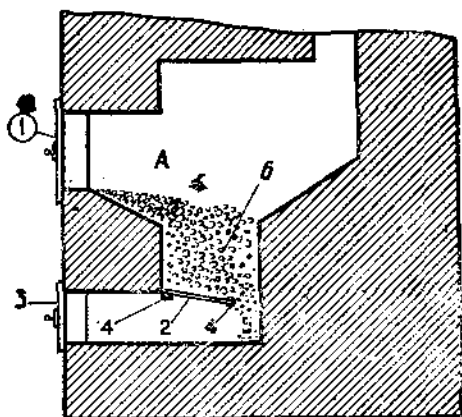


Рис. 5. Голландская печь, приспособленная для отопления сланцем

Точно такой же конструкции можно устроить [топливник для кухонной плиты.

Ниже приведена инструкция по обслуживанию этих топок.

Инструкция составлена Поволжским отделением Всесоюзного теплотехнического института (ПОВТИ) в Самаре.

ПАМЯТКА-ИНСТРУКЦИЯ

О порядке применения и использования сланцевого топлива в голландских печах

1. Теплоценность сланца кашпирского месторождения

Рабочая калорийность кашпирского сланца 2000 калорий.

Это то количество тепла в калориях, которое отделяется в топке при горении сланца.

Рабочая калорийность дров, применяемых обычно в домашнем обиходе (разнолесье при 30% влажности), равна $Q_p - 2800$ калорий.

1 куб. м таких дров весит 450 кг.

$P - 450$ кг

1 куб. м дробленного сланца весит 850 кг.

Полная теплоценность 1 куб. м дров равна
 $(450 \times 2800 =) 1\,260\,000$ калорий.

Полная теплоценность 1 куб. м сланца равна
 $(850 \times 2000 =) 1\,700\,000$ калорий.

Отсюда получается, что при одинаковых объемах сланца и дров сланец в 1,4 раза теплоценнее дров.

$$\frac{1700000}{1260000} = 1,42 \text{ раза}$$

а при сравнении сланца по весу, а дров по объему имеем: одна тонна сланца выделяет 2.000.000 калор., а один куб метр дров—1.260.000

кал.; следовательно одна тонна сланца равноценна $\frac{2000000}{126000} = 1,59$ куб. метр дров, а один куб метр дров может быть заменен $\frac{1.260000}{2000000} = 0,63$ того сланца.

2. Приеноспособление голландских печей к отоплению сланцем

Использование сланца в голландских печах в целях отопления жилых помещений представляет собой полностью испытанный в длительных периодах способ применения сланца как топлива, недостатки и преимущества которого хорошо изучены.

а) В голландских печах с герметическими топками, а также в печах, в подду которых имеются колосниковые решетки, сланец можно сжигать без всякой переделки печи.

Голландские печи с глухим подом, приуроченные к сжиганию дров, нуждаются в небольшой переделке. В подду топливника необходимо установить колосниковую решетку и выложить под ней поддувальную камеру.

В целях наиболее удобного выгребания сланцевой золы сзади решетки, установленной в подду, следует оставить провал в поддувальную камеру, служащую одновременно и зольником.

6) Если при печах имеются не герметические загрузочные дверцы, то в целях экономии издержек по переделке топливника их можно оставить и для сланцевого отопления. Однако для более экономичного сжигания сланца желательно обе дверки, загрузочную и поддувальную, иметь герметическими. В этом случае теплота раскаленной золы, остающаяся в топке, после горения сланца, используется на нагревание печи, в противном случае указанная теплота уходит в трубу, так как заслонки обыкновенно закрываются неплотно.

3. Необходимые принадлежности при сланцевом отоплении

1. Ведро для подноски дробленого сланца к печке.
2. Короткая кочерга.
3. Жестяной совок для выгреба золы.
4. Плоский жестяной ящик с ручками, без крышки, вместимостью около 2 ведер для выгреба золы и выноса ее из помещения.
5. Молоток с плоским острием (вроде печного инструмента для тески кирпича, только потяжелее), который необходим для колки сланца, если таковой доставляется недробленным.

4. Приемы обслуживания сланцетопки

На одну топку голландской печи требуется от 2 до 4 ведер дробленого сланца, смотря по размерам печи, или 16—32 кг сланца. Золы соответственно после отопления получится от 8 до 16 кг.

Растопка сланца в печи производится следующим образом:

На решетку и в провал за решеткой, если таковой имеется, кладется небольшое количество щепы или стружек, которые тут же зажигаются. Дымовая заслонка при этом держится открытой.

Когда разгорится щепы, на нее подкидывают небольшое количество сланца, по мере разгорания сланца подкидывают следующие порции сланца, увеличивая все больше и больше количество сланца. Когда сланец хорошо разгорится, забрасывается целое ведро или даже 2 ведра сланца, смотря по размерам печи и установившейся тяге. Лицо, ведущее отопление, должно приспособиться к своей печке. В дальнейшем горение должно протекать при закрытой загрузочной и открытой поддувальной дверке. Первое время сланец горит ярким длинным пламенем, потом пламя начинает ослабевать и позднее делается коротким, тогда следует сланец перемешать кочергой, дать прогореть, а затем вновь загрузить следующее ведро сланца. Когда выгорит последняя порция сланца и пламя сделается коротким, содержимое печи, представляющее собой догорающую раскаленную сланцевую золу, следует еще раз перемешать. Спустя примерно 5 минут зольа совершенно выгорит и пламя исчезает совсем. Тогда следует плотно закрыть поддувальную дверцу, спустя несколько минут закрывается плотно и заслонка. Момент закрытия поддувальной дверцы и особенно заслонки нужно точно определить, так как раннее закрытие ее обусловит дымление через дверцы в помещение, а позднее — потерю тепла раскаленной золы и нагретой печи.

Выгреб золы производится перед следующей за топкой, которая за одну ночь совершенно остывает. Выгреб золы с помощью совка в зольный ящик нужно производить осторожно при открытой дверце и заслонке, чтобы не напылить в комнату.

Выгруженная зола представляет собой строительный материал и должна быть использована на ближайших заводах, поэтому ее следует хранить под навесом или в сарае, иначе ее свойства как строительного материала будут утеряны от действия атмосферной влаги.

5. Недостатки и преимущества сланцевого отопления в голландских печах

При правильном уходе за топкой в сланцевой топке тепло сланцевого топлива используется лучше, чем в дровяной. Печь дольше не остывает благодаря нахождению в ней (после закрытия дверей) раскаленной золы. Зола представляет собою ценный материал, поэтому сланцевое топливо при использовании золы является дешевле дровяного и каменноугольного.

К недостаткам сланцевого отопления следует отнести:

1. Излишнюю работу по сравнению с другими видами топлива к обслуживанию печи, по выгребу и уборке золы.

2. Периодическую чистку дымоходов (1 раз в 2 месяца) от зольной пыли, накапливающейся в каналах кладки, что не влечет за собой больших трудностей, если при кладке печи или ее переделке предусмотрены соответствующие чистилки.

СЖИГАНИЕ СЛАНЦА В ПЕЧАХ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Вопрос сжигания сланца в промышленных печах был выдвинут в 1919 г., а по сжиганию сланца в цементных вращающихся печах в 1923 г. и в 1929 г. — в гофманских кирпиче и известково-обжигательных печах. Из имеющихся ныне результатов по сжиганию сланца в печах специального назначения видно, что сланец вполне может быть в них применен как топливо. Ниже приведено описание проведенных опытов и их результаты.

1. Сжигание в гофманских печах

Сжигание сланца в гофманских печах при обжиге извести, кирпича и черепицы вполне применимо без ущерба для производства.

В июне—сентябре 1930 г. были поставлены первые опыты по сжиганию сланца при обжиге извести на ширьевских гофманских печах и при обжиге кирпича на безымянских (у г. Самары) гофманских печах.

Опытами установлено, что сланец и в кирпичных и в известковых гофманских печах дает вполне определенные положительные результаты и вполне может быть применен в качестве топлива: а) при известковых печах в пределах от 10 до 25% полной потребности топлива (при пересчете на условное топливо) и б) в кирпичеобжигательных печах от 20 до 75% всего потребляемого топлива при переводе его на условное топливо. Вести обжиг извести в гофманских печах на одном сланце без добавки дров или каменноугольного топлива пока не представляется возможным ввиду того, что сланец, имея объемистый зольный остаток, забивает собою газово-воздушные каналы и таким образом печь глохнет, не поднимая соответствующей температуры, необходимой для обжига извести.

Кроме того, чтобы обжечь известь или кирпич одним сланцем, необходимо воздушно-газовые каналы сделать несколько больших размеров, чем таковые делаются при обжиге кирпича и извести донтопливом или дровами, и таким образом товарная емкость печи в связи с этим уменьшается.

За последнее время были произведены опыты обжига кирпича в пропорции 5% донтоплива и 95% сланца в переводе на условное топливо. Опыты увенчались успехом.

Обжиг извести на сланцах

При опытах в 1930 г. процесс обжига извести производился следующим образом: ширьевская гофманская известковообжигательная печь на ходу (процесс обжига велся на дровах) постепенно переводилась на сланец. Первоначальная добавка сланца к дровам была в размере 5% и постепенно добавка сланца была доведена до 20% (в пересчете на условное топливо). Сланец забрасывался через камфорки печи

кусками величиной от 5 до 10 см и несколько более (сланец был в несортированном виде). Сланец забрасывался в те камфорки, которые должны были выходить из сферы обжига. Заброска сланца производилась точно так же, как и донтоплива. Ввиду выделения большого количества летучих сланец давал длинное пламя, которое образовалось тут же после заброски сланца в печь. Сланцевая зола, находящаяся на поду печи, имела снаружи ошлакованный вид, так как температура известковообжигательной печи обыкновенно держится в пределах 1000—1100° С, внутри же она была неошлакованной.

Дальнейшие опыты по применению сланца как топлива в известковообжигательных печах на Ширьевских заводах проводились в 1930 и 1931 гг., а в 1932 г. Органерго поставил ряд опытов по максимальному внедрению сланца в тех же гофманских печах, вытесняя им дрова. Результат опытов со всеми подсчетами приведен ниже.

Так как сланец после своего сгорания оставляет объем золы почти тех же размеров, что и объем заброшенного сланца, поэтому зола забивает газовые каналы. Чтобы предотвратить это явление, необходимо через некоторые промежутки времени через камфорки кочергой пробивать золу, а газово-воздушные каналы делать несколько больших размеров, чем при дровах. От этого товарная емкость печи уменьшается и уменьшается производительность печи. При применении сланца скорость продвижения огня несколько большая, чем на дровах и на донтопливе.

Ниже приведен отчет Органерго по сжиганию сланцев в гофманских печах при обжиге извести.

ОТЧЕТ ПО ПЕРЕВОДУ НА СЛАНЕЦ ГОФМАНСКОЙ ПЕЧИ ПО ОБЖИГУ ИЗВЕСТИ НА ЗАВОДЕ «БОГАТЫРЬ» СРЕДВОЛЖСКОГО ТРЕСТА

Завод находится в селе Ширьево Средневоляжского края.

Перевод на сланец печи производился в январе 1932 г. Волжским отделением «Органерго».

Краткое описание печи. Переводилась на сланец обычная гофманская печь. Печь имеет 18 камер, причем в каждой камере шесть садок или шесть рядков конфорок для загрузки топлива. В каждом рядке 5 конфорок. Расстояние между рядками 1 м.

Дымовая труба имеет высоту 60 м. Тяга регулируется только жалюзи и листом железа. Последний уже под жалюзи прикрывает часть вытяжных люков. Конуса для регулирования тяги отсутствуют.

Назначение печи. Печь предназначена для обжига кусков известняка, с целью получения из него обожженной извести. Кусковой известняк на вагонетках вкатывается в камеру и ручным способом укладывается в рабочем пространстве. Обожженная известь также руками выгружается из остывших камер и в вагонетках направляется в складские помещения.

Ход работы по переводу печи на сланец. Вся работа бригады Органерго по переводу печи на сланец разбилась на пять следующих опытов (последовательно по ходу работы):

1. Опыт сжигания смеси из 50% дров и 50% сланца в кусковом непросушенном виде при садке камня, существовавшей, приспособленной для сжигания дров (смесь 50% считать по теплотворной способности топлива).

2. Опыт сжигания той же смеси при тех же условиях, но сланца подсушенного.

3. Опыт сжигания дробленого сланца, не подсушенного, при той же садке на 60—50% с дровами.

4. Опыт сжигания дробленого сланца, подсушенного, не изменяя садки на 50—60% с дровами.

5. Опыт и испытание (24 часа) печи при сжигании дробленого, подсушенного сланца при садке измененной, приспособленной для сжигания смеси сланца и дров, предложенной Оргэнерго.

Результат первых четырех опытов

Первый опыт показал, что недробленный и непросушенный сланец в количестве 50% с дровами (по теплотворной способности) сжигать нельзя. Сланец с большим процентом влажности при заброске его в печь глушит огонь, понижает температуру печи.

Садка печи приспособлена. Весь сланец падает на дно камеры печи и, не имея притока воздуха снизу, медленно тлеет, не давая пламени и нужной температуры. Следующая порция сланца покрывает лежащий на дне, не догоревший сланец, совершенно прекращая к нему доступ воздуха, и в результате получается недожог в 50—55%. Кусок сланца обгорает только с поверхности. Зола сланца с несгоревшим сланцем шлакуются, образуя большие куски шлаков, заваливая каналы для прохода воздуха.

Второй опыт сжигания кускового подсушенного сланца на 50% с дровами также не дал положительных результатов. Недожог был меньше, нежели в первом опыте, — 25—30%, но чтобы достигнуть и такого результата, шуровку сланца нужно производить приблизительно через 30—35 минут и небольшими порциями, чтобы сланец успевал прогореть. Нужная температура при таких условиях горения сланца держаться не могла.

Третий опыт сжигания дробленого, непросушенного сланца, без изменения садки, в смеси с дровами на 50—60% также не дал результатов. Каналы для подвода воздуха оказались забитыми золой и обуглившимися, недогоревшими частицами сланца благодаря тому, что весь сланец падал на дно и не мог полностью прогореть.

Четвертый опыт сжигания дробленого подсушенного сланца на 50—60% с дровами при той же садке дал результаты значительно лучшие, нежели третий; недожог был меньше и температура в печи держалась более или менее равномерно и стала падать только тогда, когда каналы для подвода воздуха оказались забитыми золой.

На основании проведенных перечисленных четырех опытов выявилась необходимость дробления сланца в порошок и подсушивания его для быстрого сгорания, изменения садки, приспособленной для дров, на садку для горения сланца с таким расчетом, чтобы сланец сгорел, не падая целиком на дно печи и чтобы воздушные каналы не забивались золой.

Описание садки старой (для дров) и новой (для сланца) для известкового камня

До проведения опытов печь работала на дровах с незначительным прибавлением сланца. Садка была целиком приспособлена для сжигания дровяного топлива. Равные воронки для загрузки дров имели сечение от 0,12 до 0,20 м (диаметр 0,3—0,15 м). Воздушные кана-

лы (3 канала на поду печи) имели ширину канала 0,45 м и высоту 1 м.

Новая садка для сжигания сланца, предложенная бригадой Оргэнерго, заключалась в следующем: воронки для загрузки топлива должны были иметь ряд выступов по принципу винтовой линии, причем свободный проход до пола печи должен иметь сечение от 0,01 до 0,02 м. (диаметр 0,1—0,15 м).

Площадь сечения воздухоподводящих каналов и количество их остается без изменения, только высоту их необходимо увеличить за счет уменьшения ширины. Примерно ширина в 0,32—0,34 м и h (высота) от 1,20 до 1,25.

Новой садкой засадили три камеры, причем на каждые три рядка один был приспособлен для дров. Необходимо отметить, что садка была выполнена недобросовестно и не отвечала предъявленным к ней требованиям. В рядках для сланца часто встречались воронки, выложенные для дров.

Теплотехническое испытание печи

Опыт № 5

Цель испытания. Установить процент возможного сжигания дробленого и несколько подсушенного сланца с дровами при новой пазенной садке.

Обстановка испытаний. Во время опыта дровами шуровался главным образом первый ряд взара (считая по движению огня) и иногда второй и третий ряды. Сланец засыпался во все канфорки нагара (на нагаре держали 8—9 рядков), причем шуровка сланцем начиналась с последних рядков взара. Сообразуясь с размерами канала, регулировалась количественная сторона загрузки сланцев в отдельные канфорки.

Загружался сланец лотками емкостью около 2 кг. В первые ряды засыпалось больше сланца и уменьшалась засыпка его по мере понижения температуры рядков нагара, т. е. по направлению движения огня. Шуровка сланцем производилась примерно через каждые 20 минут, а дровами в зависимости от качества огня и степени прогорания дров. Во время опыта на взара было 1,5 камеры, на дыму 4—5 камеры, остывающих 3—3,5 камеры.

Во время испытания были следующие точки замеров и наблюдений.

1. Расход топлива учитывался:

а) Дров—обмером сжигаемых вагонеток метром. Вес 1 кубометра дров был определен на весах.

б) Сланца—числом сожженных ведер сланца, предварительно взвешенных со сланцем и без него. Вес ведра со сланцем периодически проверялся.

2. Температура на взара в 3—5—7 рядках замерялась термоэлектрическим термометром на 1600° С с соответствующим гальванометром.

3. Температура уходящих газов измерялась термопарой с гальванометром.

4. Анализ газов перед вгагаром и уходящих газов брался газоанализатором «Орса-Фишер».

5. Тяга определялась тягомером «Креля».

6. Температура: воздуха загружаемой и выгружаемой камеры определялась ртутными термометрами.

Протекание процесса обжига. Температура на взваре, принятая к началу испытания, оставалась почти неизменной на протяжении всего опыта. В среднем температура равнялась 1100° С в третьем рядке взвара. Точно определить, какая нужна была температура для полного обжига засаженой извести, не представлялось возможным, так как камень сажался в печь не сортированным, наравне с медвежатником сажался стекловик, который требует по сравнению с медвежатником гораздо выше температуры для обжига.

Основные данные по опыту № 5 сжигания смеси сланцев и дров.

1. Время испытания, вошедшего в расчеты с 24 часов 16 января по 24 часа 17 января 1932 г.
2. Продолжительность испытания расчетная—24 часа.
3. Отдельные показатели:

Таблица 17

№№ по порядку	НАИМЕНОВАНИЕ	Буквенное обознач.	Численн. велич.	Размерность	Примечание
1	Элементарный состав применяемого топлива.				
	А. Дрова.				
	Углерод	C'	19,42	%	
	Водород	H'	2,58	%	
	Сера	S'	6,09	%	
	Кислород	O'	16,09	%	
	Азот	N'	1,00	%	
	Зола	A'	0,91	%	
	Влага	W'	60	%	
	В. Сланцы (кашпирские)				
	Углерод	C''	31,22	%	По данным Вяз-треста.
	Водород	H''	3,62	%	
	Сера	S''	3,76	%	
	Кислород	O''	1,68	%	
	Азот	N''	0,1	%	
	Зола	A''	51,23	%	
	Углекислота	CO ₂	17,78	%	
	Влага	W''	11,64	%	
2	Элементарный состав смеси.				
	Углерод	Cp	20,75	%	
	Водород	Hp	2,63	%	
	Сера	Sp	2,43	%	
	Азот	Np	0,4	%	
	Кислород	Op	0,68	%	
	Углекислота	CO ₂ p	5,04	%	
	Зола	Ap	33,52	%	
	Влага	Wp	28,55	%	
3	Высшая теплотворная способность топлива.				
	а) Дрова	Qp ^B	1 926	кал/кг	Теплотворн. способность топл. определен. по фабрике Менделеева.
	б) Сланцы	Qp ^B	2 560	»	
	в) Смесь	Qp ^B	2 359	»	

№ п/п по ряду	НАИМЕНОВАНИЕ	Буквенное обознач.	Числен. велич.	Размер- ность	Примечание
4	Низшая теплотворная способ- ность топлива.				
	а) Дрова	$Q_{др}^H$	1 429	»	
	б) Сланцы	$Q_{сл}^H$	2 349	»	
	в) Смесь	$Q_{см}^H$	2 045	»	
5	Вес сжогенного за опыты топлива.				
	а) Дрова	$B_{др}$	7 560	—	
	б) Сланцы	$B_{сл}$	10 000	кг	
	в) Смесь	$B_{см}$	17 560	»	
	г) Часовой расход смеси . .	B	732	»	
6	Вес полученных очаговых остатков.	$A_{ог}$	5 880	»	
7	Колич. сырья извести, подверж. обжигу за опыт.	$P_{изв.}$	44 000	»	
8	Колич. обожженной из- вести за опыт	$P_{изв.}$	28 800	»	
9	Колич. обожженной из- вести за час	P	1 200	»	
10	Недожжен. известь (брак) за час	B	1 200	или 4%	
11	Колич. сырья извести, подвержен. обжигу в час	m	1 832	—	
12	Средний состав извести по данным «ВИСМ» . . .	—	—	—	
	Один кг сырого извест- няка содержит:	—	—	—	
	а) Гигроскопической влаги	W_2	0,1	%	
	б) Углекислого кальция . .	$CaCO_3$	61,13	%	
	в) » магния	$MgCO_3$	36,50	%	
	г) Кремнезем и др. примеси	—	2,27	%	
	Всего		100	%	

Данные опыта № 5, полученные из наблюдений.

1. Температура извара.

3 рядок, температура завара	тв 1100° С
5 » » »	тв 1000° С
7 » « »	тв 870° С
2. Температура извести-сырца	тс 5° С
3. » выгруженной извести	т изв 46° С
4. Средняя температура окруж. воздуха	т вое 6° С
5. Температура уходящих газов	т раз 190° С
6. Анализ газов по прибору «ОРСА».	
а) На заваре	$\{CO_2 - 8$ $\{CO_2 + O_2 - 24$
б) Уходящих	$\{CO_2 - 7,6$ $\{CO_2 + O_2 - 24,2$

Данные, полученные в результате теоретических подсчетов.

1. Процент CO_2 выделив. из извести а) на взваре	CO_2 изв 4,83%
б) в уходящих газах . CO_2 изв 3,58%	
2. Анализ газов без учета процента CO_2 , выделив. из извести:	
а) на взваре	CO_2 3,17%
б) в уходящих газах . CO_2	4,02%
3. Коэффициент избытка воздуха:	
а) на взваре	α , 4,25,
б) в уходящих газах . α ,	4,85,
4. Процент CO в газах:	
а) на взваре	CO 0,09,
б) в уходящих газах CO у	0,09,
5. Тяга перед взваром	4,3 м. м. вод. ст
6. Скорость огня за сутки	6 метр. сутки
7. Число рядков подготовки	19

Тепловой баланс.

(отнесенный к 1 часу работы печи).

1. Тепло, внесенное в печь топливом в час Q	1 500 000 Калор
---	-----------------

Полезно-использованное тепло.

1. Тепло, использованное на испарение и перегрев, влаги, содержащ. в извести Q ви	1 250 Калор 0,08%
2. Тепло, затраченное на нагрев извести (от темпер. сырья до температуры выгруз. извести) Q нагр.	13 950 » » 0,93%
3. Тепло, затраченное на разложение Ca CO_3 и Mg CO_3 (экзотермическая реакц.) Q экзот	706 000 » » 47,1%
Итого	721 200 » » 48,11%

Потери.

1. Тепло, уходящее с дымовыми газами Q _г	614 000 Калор 40,9%
2. Тепло, потерянное вследствие химич. неполн. горения Q _н	2 100 » » 0,14%
3. Потери от механической неполн. сгорания Q _м	7 500 » » 0,5%
4. Потери от излучения в окружающую среду и проч. неучтенные потери Q _б	165 100 » » 10,34%
Итого Q	1 500 000 » » 100%

Коэффициент полезного действия печи	48,11%
---	--------

Выводы и предложения

Проведенные опыты и теплотехническое испытание печи показали, что гофманская печь по обжигу извести может вполне удовлетворительно работать на топливе, которое состоит из смеси сланца и дров. Увеличение добавки сланца зависит от качества его: чем лучше сланец, тем больше его можно добавлять и обратно.

Для сжигания смеси, состоящей из дров и сланца, необходимо:

1. Изменить садку, приспособив ее к сжиганию смеси сланца и дров (садка описана в тексте отчета).

2. Сланец илечь с влажностью, не превышающей 10% и в дробленном состоянии. Чем мельче частицы его, тем лучше он сгорает.

3. Загрузку топлива производить в порядке, указанном выше (см. отдел «Обстановка испытаний», опыт № 5).

Отсутствие конусов затрудняет регулирование тяги. Необходимо когда-то стоявшие конуса поставить на свои места.

Производить садку сортированным камнем как по породам известняка, так и по размерам его, так как каждая порода известняка требует своей вполне определенной температуры для обжига. Это мероприятие предотвратит появление брака, не допустит повышения температуры и даст определенный эффект в экономии топлива.

Для повышения коэффициента полезного действия печи необходимо во время отсутствия работ по загрузке и выгрузке извести закрывать плотно все двери камер.

Оставлять большее количество остывающих камер—от 4 до 5.

Плотнее заделывать двери камер, уже засаженных известью.

Появляющиеся трещины тут же замазывать, особенно в дверках камер, находящихся на взваре.

Замечание. При сжигании сланца необходимо отметить опасность смешения золы сланца с известью. По данным лаборатории зола сланца обладает свойством схватывания (цементации) и поэтому при гашении извести зола войдет в нее как балласт, понижающий качества извести. При выгрузке извести из печи рекомендуется производить сортировку и складывать известь в кусках отдельно от извести, смешанной с золой. Сланцевая зола должна пойти в дальнейшую переработку и будет использована в качестве стройматериала (штукатурный, цементный материал).

Использование сланцевой золы сильно понизит стоимость обжига извести на сланце.

Обжиг кирпича на сланцах

Обжиг кирпича в гофманских печах производился так же, как и извести, но ввиду низкой температуры обжига кирпича, около 900°C, шлакование золы сланца здесь не происходило. Испытание процесса обжига кирпича проходило следующим образом:

В качестве объекта испытания сжигания сланца при производстве кирпича была взята кирпичеобжигательная гофманская печь, находящаяся в Безымянке около г. Самары. До момента опыта печь была на ходу и работала на смеси каменного угля марки «Д» и антрацитового штыба «АСШ». Под наблюдение были взяты две камеры, из коих камера № 4 шла на донтопливе и в ней садка кирпича была обыкновенная и камера № 5 была пущена на сланце, садка кирпича в которой была изменена. Изменение садки кирпича заключалось в том, что сечение огневых ходов было увеличено примерно в 4,5 раза против размеров обыкновенной садки. Это сделано было для того, чтобы предотвратить завал каналов печи сланцевой золой. Размеры канала были взяты возможно максимальные в отношении предотвращения деформации садки кирпича во время обжига.

Опыты сопровождались соответствующими наблюдениями за температурой, составом дымовых газов, а также измерением веса топлива. Эти наблюдения сведены в следующую таблицу:

Таблица 18

	Дата отбора газов		Показания		Т-ра дым газа	Разр-е- ние	Тем-ра воздуха	
	начало	конец	CO ₂	O ₂ +CO ₂			На- руж- ного	У вхо- да в камер.
До момента пер. на слан.	29/VII в 15 час.	30/VII в 20 час.	13,1	20,1	380	10,4	24	17,5
В момен. об- жиг. сланца.	30/VII в 20 час.	31/VII в 19 час.	8,6	19,3	374	10,4	26	19,5
После перех. со сланц. на антрацит . .	31/VII в 19 час.	3/VIII в 12 час.	9,6	19,0	365	10,4	27	21,0

*) 1) Т-ра дымовых газов взята сверху камеры. 2) Разр. указано в мм. вод. столба

Из графы содержания углекислоты видно, что наибольший избыток воздуха имеется при обжиге кирпича на сланце в момент перехода отопления печи со сланца на дровяное.

Расход топлива виден из следующей таблицы:

Таблица 19

№№ камер	Вид топлива	Калорийность раб.	Рас. натур. топлива		Рас. услов. топлива		Примечание
			в кг	в %	в кг	в %	
4	Кам. угол. Д	6400	840	31	770	31,5	Калорийн. низшая раб. вычислена на основании элементарного анализа топлива.
	Антрац. АСШ	6260	1875	69	1680	68,5	
	Всего	—	2715	100	2450	100	
5	Антрац. АСШ	6260	1186	25,5	1060	43,8	
	Кашпир. слан.	2750	3460	74,5	1360	55,2	
	Всего	—	4646	100	2420	100	

Так как размеры воздушно-газовых каналов камеры № 5 были увеличены, поэтому плотность садки в этой камере была меньшая на 550 штук кирпича по сравнению с камерой № 4.

Расход условного топлива на 1000 штук кирпича выражается в следующих величинах:

Таблица 20

№№ камер	Количество кирпича в камере	Расход условн. топлива		Увеличен. расход сланца при переводе на условное топливо
		Всего кг	На 1000 кир. кг	
4	16 500	2 450	148,5	3,0 кг.
5	15 950	2 420	151,5	

Отсюда видно, что при обжиге кирпича сланцем и антрацитом марки АСШ происходит увеличение расхода топлива на 8 кг сланца или при переводе на условное топливо на 3 кг на каждую 1000 штук обожженного кирпича. При регулировке избытка воздуха этого увеличения расхода топлива легко можно избежать и сделать расход топлива одинаковым как при обжиге на сланце, так и на одном антраците.

Ниже приведена характеристика условий горения топлива, выведенная на основе элементарного состава топлива и анализа дымовых газов.

Величины взяты средне-арифметические:

Таблица 21

№ по пор.	Условия	Среднее						
		водород Н%	углерод С%	кислор. О%	В	азот N%	СО% окис углерод	а избыток воздуха
1	До момента перехода на сланец 29—30/VII	3,18	90,9	5,17	0,066	79,846	0,0537	1,49
2	В момент обжига сланца 30/VII	7,66	86,6	5,51	0,191	79,624	0,0754	2,02
3	После перехода со сланца на антр. 31/VII—3/VIII	7,56	86,6	5,51	0,191	80,786	0,214	1,75

Скорость движения огня при обжиге камер была: а) для донтоплива (камера № 4)—5,75 м в сутки, б) для смеси сланца со штыбом (камера № 5)—5,8 м в сутки.

Анализы сланца и донтоплива приведены ниже:

Таблица 22

Наименование	Кам. уголь Д	Антрацит штыб АСШ	Сланец кашпиров.
Влажность	9,1	3,6	5,1
З о л ы	9,3	11,8	48,4
Серы общей	2,7	2,9	4,7
Летучих веществ	35,3	5,4	43,8
Калорийность на абсол. сухую навеску	6713	6371	3020

Подводя итоги опыта сжигания сланца в смеси с антрацитовым штыбом в кирпичеобжигательных печах, можно констатировать, что, не нарушая нормального хода печи, допустима следующая пропорция топлива: 50% сланца и 50% антрацитового штыба в переводе на условное топливо или 25% натурального веса антрацитового штыба и 75% натурального веса сланца, зола сланца не шлакуется. Расход условного топлива на 1000 штук кирпича выражается в пределах 148—150 кг и является одинаковым при условии обжига смеси сланца с антрацитовым штыбом и антрацитового штыба с донуглем. Но увеличенные размеры воздушно-огневых ходов уменьшают производительность печи по сравнению с нормальной загрузкой в размере 550 штук кирпича на каждую камеру при нормальной вместимости каждой камеры в 16 500 штук кирпича. Если 18-камерная гофманская печь в месяц даст 2,5 оборота, то при годовой работе печи в течение десяти месяцев уменьшение выпуска кирпича будет $550 \times 18 \times 2,5 \times 10 = 248$ тыс. штук кирпича, где 550 штук кирпича—недозагрузка печи, 2,5—обороты печи в месяц, 18—число камер в гофманской печи, 10—число рабочих месяцев в году.

Лабораторные испытания кирпича указывают на полную его пригодность, что видно из нижеприведенного:

1. Вес кирпича, обожженного на сланце—3,27 кг.
2. Размер " " " $25 \times 12 \times 6,3$ см.
3. Сопротивление на разряд. " $112,7$ кг/кв. см.
4. Водопоглощаемость $4,2\%$.
5. По сопротивлению на раздавливан. на прессе Брюгелля—выше стандартного.

Экономические соображения о выгоде применения сланца

Ниже приведены экономические соображения стоимости 1000 штук кирпича и одной тонны извести, обожженных на сланце со штыбом, на штыбе с антрацитом и на сланце с дровами.

При дальнейших подсчетах были приняты следующие данные:

а) Для кирпичеобжигательных печей

А. по сланцу (по данным на 1/X—1930 г.).

1. Стоимость тонны сланца франко-Кашпирский рудник 5 р. — н.
2. Погрузка тонны сланца в судно 1 р. 80 н.

3. Фрахт до ст. Безымянка 2 р. 33 к.
 4. Стоимость разгрузки тонны сланца 2 р. 00 к.
 5. Полная стоимость тонны сланца франко-Безымянка 11 р. 13 к.

Б. По донтопливу

1. Стоимость тонны донтоплива франко-завод:

- а) Донуголь марки Д за тонну 20 р. 13 к.
 б) Антрацитовый штыб АСП 17 р. 53 к.

Стоимость 10 000 калорий:

- а) Сланца 4 р. 06 к.
 б) Донуголь Д 3 р. 14 к.
 в) Штыб АСП 2 р. 80 к.

Стоимость 10 000 калорий при смеси: а) применявшейся для обжига кирпича Д—30% и АСП—70%, будет:

$$3 \text{ р. } 14 \text{ к.} \times 0,30 + 2 \text{ р. } 80 \text{ к.} \times 0,70 = 2 \text{ р. } 90 \text{ к.}$$

б) смесь, могущая быть примененной в натуральном весе: сланца 75% и АСП—25%: ~~171~~

$$4 \text{ р. } 06 \text{ к.} \times 0,75 + 2 \text{ р. } 80 \text{ к.} \times 0,25 = 3 \text{ р. } 74 \text{ к.}$$

Таким образом стоимость топлива, идущего для обжига 1 000 кирпича, будет:

а) при обжиге на смеси угля и штыба (при расходе 148 кг условного топлива на 1 000 штук кирпича):

$$\frac{148 \times 7000 \times 2,9}{10\,000 \times 100} = 3 \text{ р. } 02 \text{ к.}$$

б) при обжиге на смеси сланца и штыба (расход условного топлива на 1 000 штук кирпича—тот же):

$$\frac{148 \times 7\,000 \times 3 \text{ р. } 74 \text{ к.}}{10\,000 \times 100} = 3 \text{ р. } 87 \text{ к.}$$

Таким образом перерасход на стоимости топлива в год выразится: (3 р. 87 к.—3 р. 02 к.) $\times$ 18 камер $\times$ 16,5 тыс. кирпича в камере $\times$ 2,5 оборота печи в месяц $\times$ 10 рабочих месяцев в году = 6320 руб.

Кроме того имеется убыток от недогружа каждой камеры ввиду увеличенных размеров воздушных и газовых ходов, а именно:

Как было указано выше, недогруз печи за год выразится в 248 000 штук кирпича, имеем:

$$248 \text{ тыс. штук кирпича в год} \times 3,4 \text{ руб. за тысячу} = 843 \text{ руб.}$$

Здесь 3,4 руб. есть та прибыль (10% от 34 руб.), которая не добывается на кирпич, могущий быть выпущенным печью в течение года. Но при сланцевом отоплении скорость огня больше угольного на 5,8—5,75=0,05 м/сутки, т. е. примерно на 1%, что увеличит выпуск продукции и ее годовую стоимость на 1%, т. е. в суммовом выражении:

$$34 \text{ руб.} \times 16,5 \text{ тыс.} \times 18 \text{ кам.} \times 2,5 \text{ обор.} \times 10 \text{ раб. мес.} \times 0,01 = 25\,245 \times 0,01 = 252 \text{ р. } 45 \text{ к.}$$

Следовательно, общий баланс убытка и прибыли имеем:

6320 руб. + 843 руб. — 252 руб. = 6911 руб., что дает удорожание выработки 1000 штук кирпича при обжиге на сланце от 85 коп. до 1 руб., при условии стоимости сланца франко-баржа в Кашпире 5 руб. за тонну и без учета стоимости воны.

б) Для известковообжигательных печей

А) по сланцу (по данным на 1/X—1930 г.).

1. Стоимость тонны сланца франко-Капширский рудник	5 р. 00 к.
2. » погрузки сланца в судно	1 р. 80 к.
3. » фрахта до Ширяева	2 р. 15 к.
4. » разгрузки в Ширяеве	2 р. 00 к.
5. Полная стоимость тонны сланца франко-склад Ширяева	10 р. 95 к.

Б. Дрова франко-склад завод за 1 куб. м. 5 р. 05 к.

Расход дров на одну тонну извести выражается в 1,3 куб. м. Стоимость топлива на одну тонну падает $5 \text{ р. } 05 \text{ к.} \times 1,30 = 5 \text{ р. } 57 \text{ к.}$ Считая вес кубометра дров равным 0,4 тонны и теплотворную способность их равной сланцу, получаем стоимость топлива, идущего на тонну извести:

а) дрова $1,3 \text{ куб. м.}$, или $0,4 \times 1,3 = 0,52$ тонны дров, или $5 \text{ р. } 05 \text{ к.} \times 1,3 = 5 \text{ р. } 57 \text{ к.}$;

б) сланец $10 \text{ р. } 95 \text{ к.} \times 0,52 = 5 \text{ р. } 69 \text{ к.}$, или превышение стоимости топлива на сланце $5 \text{ р. } 69 \text{ к.} - 5 \text{ р. } 57 \text{ к.} = 12 \text{ коп.}$

Здесь не учтена уменьшенная производительность печи, с одной стороны, и скорость огня—с другой.

При изменении цены на сланец и дрова франко-завод не трудно произвести соответствующий перерасчет. Как в первом, так и во втором случае не учтена стоимость золы как строительного материала. При использовании золы стоимость обжига на сланце будет значительно дешевле дров и угля.

2. Во вращающихся цементнообжигательных печах

В 1923 г. на Вольском цемзаводе были произведены опыты по сжиганию сланца. Хотя эти опыты полностью не были доведены до конца, но они с полной достоверностью указывают на то, что сланец как топливо вполне может быть применен для цементных вращающихся печей. При ведении обжига цементного клинкера на сланце необходимо учесть введение во вращающуюся печь большего количества сланцевой золы, а именно: если по заграничным данным на один килограмм клинкера расходуется около 1600 кал. тепла, а на наших цемзаводах требуется от 2 000 до 2 200 калорий, то для получения одного килограмма обжига клинкера потребуется 0,85 кг кашпирского сланца или 0,56 кг общесыртовского сланца.

При введении в печь указанного количества сланца, вводится и соответствующее количество золы, а именно: для кашпирского сланца, имеющего зольности около 60%, будет введено $0,85 \times 0,60 = 0,51 \text{ кг}$ золы, а для общесыртовского при зольности в 40%— $0,56 \times 0,4 = 0,22 \text{ кг}$ золы. Эту золу необходимо учесть при изготовлении шлямма, так как зола, смешиваясь со шляммом, изменяет его состав, отчего изменяются технические свойства изготавливаемого цемента в сторону его ухудшения. Необходимо заметить, что при обжиге цемента не все количество сланцевой золы смешивается со шляммом, превращаясь в клинкер, некоторая часть золы и иногда в довольно большом количестве в виде пыли уносится в пыльные камеры, откуда она периодически выгребается и добавляется к шлямму.

В 1928 г. на Вольском цементном заводе были произведены опыты по сжиганию сланца во вращающихся печах. Эти опыты должны быть

рассматриваемы, как проведенные в совершенно ненормальных условиях, и характерными быть не могут, так как время проведения опытов совпало с пуском цемзавода, стоявшего до этого на консервации в течение десяти лет.

Таким образом период опытов совпал с моментом налаживания всего завода и с неподготовленностью среднего и низшего технического персонала, благодаря чему результаты, полученные при обжиге цемента на мазуте и сланце, были совершенно одинаковыми.

Опыты обжига проводились на кашпирском сланце, привезенном на цемзаводе в 1928 г. Первоначально опыты велись на сортированном сланце с калорийностью в 2700 кал/кг, а затем применялся рядовой сланец следующего среднего химического состава:

Таблица 23

углерода органического	23,40%
водорода	2,69 %
серы общ.	4,85%
серы горючей	3,32%
углекислоты минеральной	9,70%
кремнезема	23,75%
полутвердых окислов	10,68%
оксида кальция	17,24%
оксида магния	0,93%
щелочей	2,25%
калорийность	2585 кал/кг.

Сланец для опыта дробился на куски размерами 5×4×4 см и в таком виде попадал для подсушивания во вращающийся сушильный барабан, который обогревался мазутом. Температура отходящих из барабана газов колебалась в пределах 70—100°C, высушенный сланец выходил из барабана с влажностью в 5—5,5%. Ниже этого предела сланец не досушивался. Из сушильного барабана сланец автоматически попадал в трубчатую дробильную цементную мельницу с сепаратором системы Амме. Получающаяся при этом сланцевая пыль имела довольно крупный помол и при отсеивании на сите с 900 отверстиями на 1 кв. см оставалось непросеянного остатка 12—14%, а на сите с 4900 отверстиями—45—40%. При таком крупном помоле в печи не происходило полного выгорания горючей части сланца. Пыль, унесенная в пыльные камеры, содержала капельки образовавшегося масла. Сравнительная крупность помола не мешала большому уносу сланцевой золы из цементной печи, и было констатировано, что унесенной в камеры сланцевой пыли было в 22 раза более, чем при обжиге на мазуте.

Из бункера сланец, размолотый до пылеобразного состояния, помощью шнека попадал в прямую трубу, откуда помощью вентилятора поступал во вращающуюся печь, в которой зажигался. Опыты показали, что вполне остывшую печь можно разжечь сланцем без применения мазута или каменного угля. Никаких смешивающих аппаратов для смешения сланца с воздухом, поступающим в печь, не требуется.

Средний расход сланца на бочку (160 кг) клинкера выразился в 138—140 кг, или при калорийности сланца в 2700 кал/кг на единицу полученного клинкера, т. е. на 1 к. было израсходовано

$$\frac{2700 \times 140}{160,85} = 2350 \text{ кал.}$$

Таким образом расход тепла при обжиге на сланце был близок к нормальному (2 000—2 200 кал.), хотя необходимо оговориться, что при тех же опытах расход мазута при обжиге был равен также около 2400 кал.

Приведенные результаты не могут считаться окончательными, так как печь шла неполной нагрузкой и кроме того часто останавливалась, отчего был перерасход топлива.

Эти опыты с полной очевидностью доказали возможность применения сланца в качестве топлива при вращающихся цементнообжигательных печах, но необходимо поставить вопрос количественного расхода топлива на единицу продукции и выявления всей экономической стороны при обжиге сланцем.

Необходимо отметить то ненормальное обстоятельство, что при доставке сланца водным путем при цементных заводах необходимы складские помещения колоссальных размеров, чтобы обеспечить цементный завод на время, когда не будет навигации на Волге.

В конце 1930 г. и начале 1931 г. Союзцементом проведены были опыты на подольском цементном заводе по сжиганию кашпирского сланца во вращающихся цементнообжигательных печах. Опыты показали, что на кашпирском сланце вполне можно производить обжиг цемента, делая смесь топлива из 75% сланца и 25% дощечного топлива. Хотя кратковременные опыты показали, что во вращающихся печах обжиг цемента можно вести на одном сланце, но длительных эксплуатационных работ в этом направлении сделать не удалось. При обжиге цемента на смеси из 75% сланца и 25% донугля качество сланца вполне отвечает существующим стандартам.

3. Сжигание сланца в газогенераторах

В металлургических, известковых, нерамических, цементных и других печах нередко применяют газовое топливо, получаемое в газогенераторах. По сжиганию сланца в газогенераторах опыты были произведены еще в 1923 г. и возможность применения сланца как топлива была тогда вполне доказана.

Первые опыты по сжиганию сланца в газогенераторах были произведены в газогенераторе системы Гильгера в 1917 г. на ленинградском сталелитейном заводе Парвизинен. На этом заводе на сланцевом газе было сделано 80 плавов тигельной стали в регенеративных печах: из этого числа 9 плавов было сделано на чистом сланце и 15 плавов на смеси сланца с антрацитом в пропорции 2 : 1, а также сланца и угля.

Опыты показали полную устойчивость работы как на одном сланце, так и на смесях сланца с антрацитом или углем, но длительность плавки на одном сланце тянулась дольше, чем на минеральном топливе, примерно процентов на 30%. Кроме того работа на сланце была более капризная, чем на одном минеральном топливе. Калорийность сланцевого газа колебалась в пределах 800—900 кал/куб. м, не считая смол, маковые, придя в печь, использовались полностью; в конечном счете расход сланца оказался равным антрацитовому при пересчете на условное топливо.

В октябре 1917 г. опыты по сжиганию сланца в газогенераторах были повторены на ижорском заводе. Хотя сланец имел влажность до 35% и опыты были кратковременны, все же удалось выявить 1) устойчивую зону горения, 2) увеличение нагрузки плавильной печи

• 6 до 14 тонн в сутки, т. е. достигнута та же нагрузка, что и при амтраците.

В 1922 г. опыты были повторены на ленинградском Путиловском заводе. Опыты проводились в крайне тяжелых условиях и по ряду причин, не зависящих от сланца, не были доведены до конца и не было сделано окончательных выводов. Однако с достоверностью было доказано, что сланец как газовое топливо для мартеновских сталелитейных печей вполне пригоден.

Опыты проводились на несортированном сланце, размеры кусков сланца колебались от мелочи до величины 20—35 см, в диаметре и более, сланец в газогенератор поступал почти в том виде, каким он приходил с Веймарнских рудников. Наилучший и желательный размер кусков сланца должен быть от 2,5 до 10 см, но не более, влажность *загруженного сланца должна колебаться в пределах 8—12%*. Сухой сланец (влажность менее 8%) при загрузке дает пыль, которая увлечается в газопроводы и быстро засоряет их пылеуловитель. Опыты велись на смеси сланца с углем в отношении 3 : 1. При таком соотношении сланца и угля явилась полная возможность выжечь весь горючий углерод из сланца; эта пропорция диктовалась еще и тем, что сланец является топливом, содержащим незначительное количество летучего углерода, благодаря чему является большая трудность поддержания температуры, требующейся для генераторного процесса.

Кроме того веймарнский сланец, имея большое количество смол, требует большой скорости газификации, чтобы тем уменьшать содержание смол в генераторном газе.

Полная и быстрая газификация сланцев происходила сравнительно быстро при незначительном слое горючего, всего лишь от 0,75 до 1,0 м. Загружаемый сланец, попадая в расплавленную до 800—900°С зону, выделял летучие, которые тут же распадалась, поэтому и не наблюдалось забивание газопроводов смолой. Температура газа, уходящего из газогенератора в газопровод, была в пределах 700—750°С.

Увеличение слоя в генераторе более чем 1 м вызвало выделение совершенно черного газа с громадным количеством сажи, которая сильно вредила процессу плавки.

Таким образом генераторный процесс при сланце должен вестись горячим ходом.

Применение пара для получения рымной структуры шлаков и получения водяного газа отпадает, так как незначительное содержание летучего углерода в сланце при вдувании пара дает образование углекислоты и водорода по реакции $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$, что ухудшает качество и горючесть газов и вызывает падение температуры в верхних слоях и усиливает выделение сажи. Вводимый пар, соприкасаясь с золой, имеющей гидравлические свойства, входит с ней во взаимодействие и дает схватившийся цемент, т. е. вещество, не пригодное для строительства. При применении дутья выше 60 мм водяного столба в зоне горения сланца образовывались моалы, так как шлаки, пристававшие к стенкам генератора, нарастали и закупоривали генератор. Эти опыты показывали, что:

1) Сланец должен иметь: а) влажность не более 10—12%, б) размеры отдельных кусков должны быть от 2,5 до 10 см.

2) Необходимо систематическое удаление сажи, чтобы зону горения в генераторе держать на одной и той же высоте, при толщине слоя топлива не более 0,75—1 м.

быть увязана с выгребанием золы.

4) Дутье не должно иметь давление выше 60 мм, принимая это давление как максимум, и нормально 30—40 мм.

5) Слой золы, лежащей над звездочкой, должен быть 0,25—0,3 м, чтобы не перегорела звездочка, а вдуваемый воздух подогревался.

6) Применение парового дутья не должно иметь места.

7) Работу вести на сухом затворе.

8) Сухая зола, выгребаемая из генератора, пригодна в качестве гидравлического вяжущего вещества, если к ней добавить обожженную известь и затем затворить.

9) Считать вполне доказанным, что сланцевый генераторный газ вполне пригоден и работать на нем, вполне возможно.

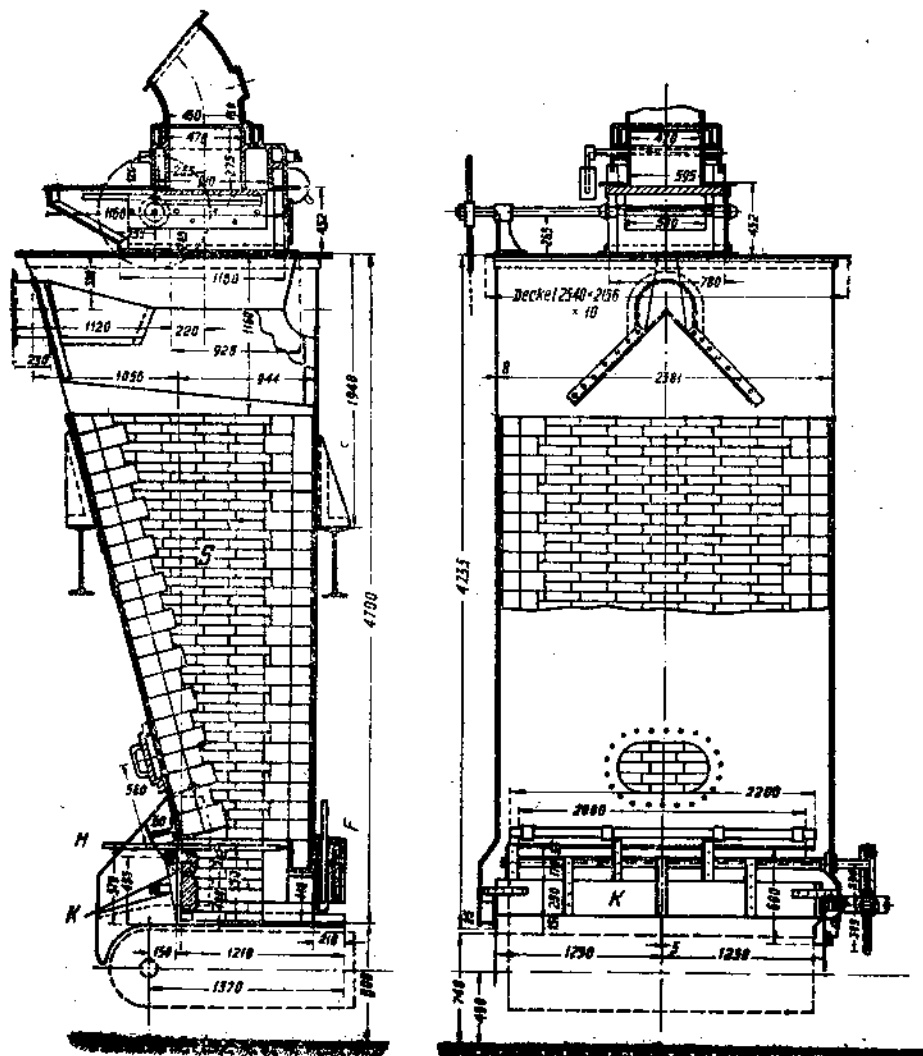


Рис. 6. Генератор-реторта Пинча для газификации сланца и бурых углей

а) Сжигание сланца в генераторе-реторте Пинча

Способ сжигания сланца в реторте Пинча заключается в том, что кусковой сланец величиною от 2,5 до 10 см. из бункера поступает в реторту Пинча (см. рис. 6), где он газифицируется сравнительно при низкой температуре в пределах 200—400°C и тут же выделяются масла, или так называемая смола.

Вместе с газом, в виде тумана, отсасываются и возгоняемые масла. Последние вместе с газами идут через маслоуловители, маслоотделители и холодильники, где масла отделяются от газов и собираются в отдельные маслосборники, т. е. резервуары, а газы идут под колосниковую решетку, на которой дожигается полукокс, поступающий на решетку из реторты Пинча. Поступающий из реторты полукокс имеет теплотворную способность около 500—700 кал/кг и, будучи нагрет до 400—600°C, поступает в горячем виде на колосниковую решетку, где он и дожигается вместе с горючим сланцевым газом, поступившим из реторты Пинча без масел и нагретым помощью воздушных экономайзеров до 200—300°C. Этому способу с ретортами Пинча предстоит блестящая будущность. Достоинство его заключается в том, что в крупных предприятиях, стоящих на берегу р. Волги или судоходных рек, соединенных с р. Волгой, в течение летнего, т. е. навигационного времени можно пропустить через реторту Пинча все годовое потребление сланца, причем смола масла будут отбираться в резервуары для расходования ее в зимнее время, а в летнее время в качестве топлива будут потребляться сланцевый полукокс и газ, поступающий из реторты Пинча. Кроме того при этом способе является полная возможность сланцевые газы и масла освободить от серы, что, кроме выделения вредного сернистого газа, даст доходную статью в виде получения серы или серной кислоты. Наряду с этим является возможным уловить азотистые соединения, так как известно, что в Шотландии перегонку сланца производили ради получения азотистых веществ и все производство благодаря этому было рентабельно.

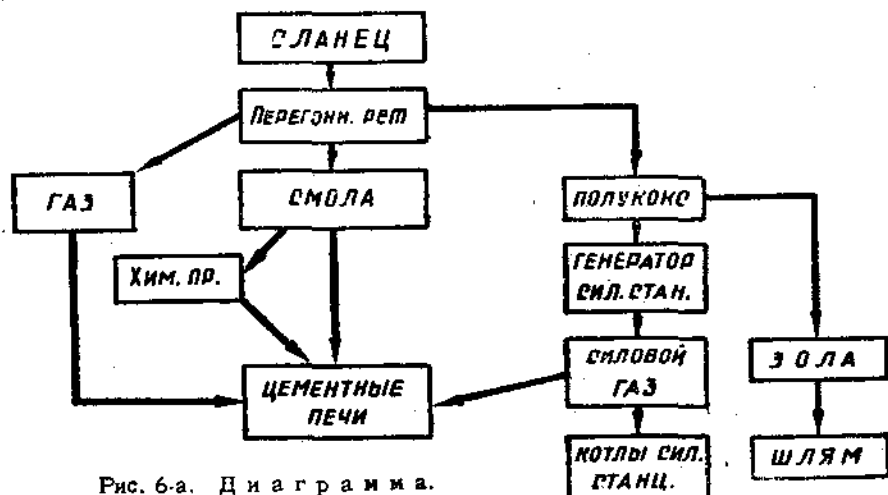


Рис. 6-а. Д и а г р а м м а.

Такую установку намечено было провести на Самарской государственной районной электростанции, а также на цементных заводах.

На диаграмме 6 а ниже дается схема использования сланца на цементных заводах.

а) Сырой сланец поступает в перегонные реторты для отгонки смолы;

б) от смолы отгоняются тиофеновые масла и ихтиол в количестве, соответствующем емкости внутреннего рынка (в настоящее время 35 000 кг ихтиола и 3 000 кг тиофенового масла);

в) оставшаяся смола идет на отопление цементных печей;

г) получающийся после отгона смолы полукокс идет как топливо тепловой станции;

д) несгораемые горючие газы, получающиеся при отгонке смолы, идут на отопление перегонных реторт и излишек—для отопления цементных печей;

е) получающаяся в виде отброса из генераторов на силовой станции зола идет как сырье в цементное производство.

Таблица 24

Материально-энергетический баланс сланцеперегонного процесса по данным 1930 г.

Продукты перегона	% выхода продукции	Теплотворная способность продук. кал/кг	Теплотворная способность кал/кг слан.
Жидкая смола (при отгонке хим. пр.) . . .	12,5 (12,3)	9600	1 200 (1180)
Горючий газ	6,0	5200	312
Полукокс	69,5	1100	763
Подсольной воды и пр.	12,0	—	—

Энергетический баланс цементного производства

На обжиг.	75%	} 94%
» механ. силу:		
а) от покупн. топлива	19%	
б) от отбросов	6%	
	100%	

Валовой расход тепла на 1 бочку (155 кг нетто) цемента

На обжиг.	309 000 кал.
» механич. силу	73 000 »
» вспомогател. нужды	9 000 »
	391 000 кал.

Расход сланца на бочку цемента = 201 кг. — 12,3 пуд. $(201 \times 1180) + (201 \times 763) = 82\ 000 = 309\ 000$ кал. Выход золы—50% — 100 кг. — 6,1 пуд., что составляет 65% от общего количества сырья для цементного производства.

Стоимость перегонного процесса

По калькуляции проф. Е. Н. РАКОВСКОГО на 1 тонну сланца:

Зарплата	1 руб.
Вода, энергия, смазка и пр.	— 60 коп.
Химические продукты	— 41 »
Ремонт	— 10 »
Налоги	— 30 »
Упаковка	— 13 »
Амортизация	1 руб. 30 к.

Всего 3 р. 84 к.
или 77 к. на 1 бочку

Эти расходы покрываются выручкой от продажи:

3 000 кг. тифен. масла по 4 р. 50 кг.	13 500 р.
35 000 кг. ихтиола	7 р. 50 245 000 р.
	258 500 р.
или	52 коп. 1 бочка

Затем как сырье для цемента по 2 коп. пуд. 12 коп. 1 боч.
 Всего 64 коп. 1 бочка

Остаток накладного расхода 13 » »

Примечание. Этот остаточный накладной расход может очень легко превратиться в доходную статью в случае расширения сбыта побочных химических продуктов.

Сопоставление сланцев с нефтью

Цена нефти 56 коп. пуд.	0,342 к (1000 кал.)
При отоплении завода нефтью —	$391000 \times 0,342$
Расход на нефть	$\frac{134-13}{1000} = 1$ р. 34 к. (бочка)
При отоплении завода сланцем:	$\frac{134-13}{12,3} = 9,8$ к. (пуд).
Конкурентноспособная цена сланца	12,3

Обжигание сланца в газогенераторе конструкции Поволжского отделения Всесоюзного теплотехнического института

Ниже приведена инструкция для рабочего персонала по обслуживанию сланцевого газогенератора ПОВТИ (составленная ПОВТИ)

Введение. Слово газогенератор состоит из двух слов: русского, понятного всем—газ и иностранного—генератор, что обозначает—производитель. Таким образом газогенератор по-русски будет—производитель газа.

Газогенераторами называются особого устройства печи, в которых производится отгонка газа из какого-либо твердого горючего вещества с минимальным количеством воздуха.

Обыкновенная печь—также генератор, но в ней твердое топливо горит с большим избытком воздуха и газы уходят вместе с дымом через дымовую трубу. В генераторе же горение происходит лишь частично, с небольшим количеством воздуха, а продукты горения, как горючие газы, идут в обжигательную печь для горения.

Описание газогенератора «ПОВТИ». Газогенератор «ПОВТИ» предназначен для газификации сланцевого топлива из Кашпирского месторождения на предмет получения горючего генераторного газа.

Генератор «ПОВТИ», представленный на рис. 7, состоит из двух шахт—нижней и верхней, или так называемой швель-шахты. Обе шахты соединены между собой переходной частью кожуха, как это показано на рисунке.

На верхней шахте расположена загрузочная воронка А, закрываемая сверху крышкой Б при помощи поворота рычага Г в сторону, а снизу чугунным колоколом Д, который плотно прилегает своей конической поверхностью к седлу, выточенному в воронке, при помощи рычага с грузом Е.

Ниже загрузочной воронки сбоку железного корпуса генератора имеется отверстие О для отвода генераторного газа в печь.

В нижней шахте выложена решетка В из огнеупорного кирпича, опирающаяся своими концами на металлические балки, заложенные в кирпичных стенках шахты.

Для прохода воздуха в центральную часть генератора в решетке имеются конические отверстия, расширяющиеся книзу для провала золы и пыли.

Под решеткой расположена зольная камера К, оканчивающаяся внизу металлической плитой П, по которой передвигается взад и вперед чугунный толкач Т с помощью зубчатой передачи.

Толкач предназначен для выгрузки золы из камеры в вагонетку. Задняя стенка зольной камеры выложена в виде наклонного свода С, в передней же вертикальной стенке имеется отверстие, закрываемое шибером Ш, через которое зола выгружается толкачом из камеры в вагонетку. Снаружи кожуха генератора со стороны выгребов золы, а также и с противоположной имеются 3 пары лючков Л, расположенные на трех уровнях, причем имеется на каждом уровне по 2 лючка. Лючки нужны для шуровки и наблюдений.

Чаще всего при работе генератора приходится пользоваться нижними лючками, которые имеют двойное назначение.

1. В случае затухания горения в какой-либо части генератора можно через них, пропуская добавочное количество воздуха, вновь развить горение.

2. В случае слеживания или шлакования в слое через лючки можно применить шурование и разбивку образовавшихся козлов.

Рис. 7. Газогенератор ПОВТИ для газификации Средневолжских сланцев

С третьей стороны генератора имеются отверстия для его растопки и шурования.

Описание работ при генераторе

Подготовка топлива. Поступающий на завод из рудника сланец в виде глыб различных размеров должен направляться на базисный склад, т. е. весь выгружаемый сланец складывается на открытом воздухе в штабель, имеющий снизу прямоугольную форму высотой 2—2,5 м и насыпаемый сверху под углом естественного откоса 45° . Из базисного склада сланец поступает в буферный склад закрытого типа, расположенный около завода емкостью месячного расхода слан-

В начале буферного склада имеется дробильное устройство, в котором сланец предварительно подвергается дроблению в куски размером 6—8 см, а также грохочению, после чего поступает на хранение в буферный склад, защищенный от всяких атмосферных осадков. Из склада дробленый сланец поступает на загрузочную площадку завода.

Сланец, поступающий на загрузку в генератор, должен иметь влажность, не превышающую 12—14%; нормальная влажность сланца считается 10—12%, если по какой-либо запущенности сланец поступает на загрузку в генератор с повышенной влажностью 18—20%, что совершенно недопустимо, то выходом из положения является: 1) завоз двухдневного запаса сланца на загрузочную площадку для подсушивания или 2) добавление к загружаемому сланцу коротких напилённых дров в количестве 20—30%, по объёму сланца в зависимости от его влажности.

Пуск генератора в работу. Пуск генератора производится предварительной растопкой дровами через нижнее отверстие зольной камеры, куда забрасываются вначале поленья длиной $\frac{3}{4}$ м. При заполнении некоторой части бункера дровами начинают забрасывать через боковые дверцы, отсюда дрова поступают в зольную камеру, а затем на решетку.

После образования раскаленного дровяного кокса до уровня верхней части решетки и после того, как внутренние стенки генератора хорошо нагреются, начинают постепенно загружать сланец.

Загрузка генератора сланцем производится следующим порядком: вначале проверяют плотность закрытия нижнего колокола легким опусканием и посадкой его на место; после этого открывают верхнюю крышку при плотно закрытом колоколе и начинают засыпать сланцем воронку, наполнив воронку до уровня верхних кромок, плотно закрывают верхнюю крышку и помощью рычага опускают нижний колокол. После этого сланец начинает из воронки поступать в шахту генератора.

В случае застревания сланца в кольцевом отверстии рекомендуется легким движением рычага встряхивать застрявший сланец колоколом и после того, когда сланец вновь начинает поступать в шахту (что обнаруживается слухом), рычаг нужно все время держать спокойно в верхнем положении. После спуска сланца из воронки рычаг медленно отпускают для посадки колокола на свое место.

Верхний уровень слоя необходимо держать на 20 см ниже отверстия О для выхода газа. Загрузку генератора при установившейся нормальной работе нужно производить по одной воронке через каждые 15—20 минут в зависимости от влажности сланца.

Процесс работы в генераторе. В загруженном станце содержатся вода, летучие и твердые горючие вещества, особенно много в сланце золы—50—60% по весу. После загрузки сланца вначале из него испаряется вода, после подсушки выходит часть газообразных горючих веществ и дальше топливо с твердыми горючими и оставшейся частью летучих, а также с золой поступает в зону горения на решетку, где топливо, окончательно сгорая, оставляет после себя только золу.

Горение топлива происходит при непрерывном соединении кислорода воздуха с горючими веществами и, чем больше подводить воздуха, тем сильнее можно развить горение, а следовательно, и высокую температуру.

Кочегар должен следить самым тщательным образом за подводом воздуха в генератор. Правильный подвод является главным условием

для нормального ведения работы генератора. Главные трудности использования сланца в газогенераторах—это низкая температура плавления золы сланца 1065—1100°C, при которой получается полное шлакование зольного слоя. При поступлении большого количества воздуха можно сжечь большую часть горючих газов в генераторе и тогда в обжигательную печь будут поступать продукты полного горения, а от высокой температуры можно получить шлакование слоя, поэтому помимо зашлакования сланца получается газ, не могущий гореть в печи.

Кроме того лишний воздух будет много брать тепла на свое нагревание. Малый подвод воздуха может сократить горение в шахте и понизить производительность генератора, т. е. не дать того количества горючего газа, который необходим для обжигательной печи. Далее указано, откуда подводится воздух в генератор.

1) Часть воздуха проходит в зольную камеру через раскаленный слой золы, от которой воздух отнимает теплоту, поэтому воздух проходит в зону горения горячим; 2) часть потребного воздуха проходит через боковые дверцы под решетку, где он смешивается с горячим воздухом и по отверстиям в решетке проходит в зону горения; 3) оставшая часть воздуха идет непосредственно через верхние дверцы в зону горения, и 4) кроме того если нужно, то в каждый угол генератора можно подать добавочное количество воздуха через лючки.

Больше всего воздух стремится пройти снизу вверх по стенкам шахты, где и развивается наибольшее горение. Для равномерного распределения воздуха по всему сечению шахты нужно производить разрыхление слоя путем шурования, после шурования через получающиеся прозоры между кусками топлива воздух имеет возможность проникать в глубь шахты и тем самым развивать равномерное горение по всему сечению шахты.

Указанные шуровки необходимо производить через каждые 20 минут. Если в генераторе начинает сильно повышаться температура, которая начинает вызывать шлакование, то необходимо несколько убавить количество поступающего воздуха, а замеченные куски расплавленных шлаков удалить из зоны горения в зольную камеру, откуда они, постепенно выгорев, выгружаются вместе с золой. Для того, чтобы не было ссыпания тестообразных кусков шлака, необходимо производить шурование в зольной камере, разбивая шлаковую корку и оставляя между кусками зазоры, через которые проходит воздух, постепенно охлаждая шлаки.

Выгрузку золы нужно производить через каждые 20—25 минут. Выгружаемая зола представляет собой большую ценность как вяжущий материал и является сырьем стройпромышленности. Горячую золу не нужно заливать водой, от этого она совершенно портится, ее необходимо складывать в особое помещение огнестойкого типа, где зола полностью охлаждается и может пойти на утилизацию.

В течение одного раза в месяц необходимо производить очистку газопроводной трубы от сажи, пыли и смолы через имеющиеся на трубе лючки. Во время открывания лючков, а также и в период очистки, чтобы избежать взрыва газа, необходимо плотно прикрыть все дверцы отверстий и лючков на газогенераторе для устранения присоса воздуха. Для устранения вырывания пламени из шахты генератора во время задувания извести в обжигательной печи необходимо, чтобы работники

обжиговой печи заранее уведомили кочегаров, которые должны в это время прикрыть все дверцы в генераторе.

В заключение необходимо отметить еще раз, что самым главным условием для нормальной работы генератора как в отношении получения максимальной производительности, хорошего выгорания сланца, так и получения хорошей золы необходима и обязательна правильная подготовка сланца с влажностью 10—12% с предварительным дроблением и сортировкой. Другим главным условием успешной работы генератора является внимательное и добросовестное отношение к его обслуживанию со стороны рабочего персонала и главным образом дежурного кочегара, не допуская при этом притока излишнего количества воздуха, образования шлаков и козлов в газогенераторе.

Обращаясь к экономике работы на сланцевом генераторном газе, необходимо отметить, что стоимость генераторного сланцевого газа является наиболее дешевой при условии использования золы в качестве стройматериалов. Кроме того в газогенераторах всех вышеуказанных систем сланцевая зола получается наивысших качеств без малейшего содержания в ней углерода, который, находясь в золе, ухудшает ее качество.

СЖИГАНИЕ СЛАНЦА ПОД ПАРОВЫМИ КОТЛАМИ

Сжигание сланца под паровыми котлами мыслимо в кусковом виде, т. е. на колосниковой решетке разных видов и типов, в пылевидном и во взвешенном состоянии. Сланцевые топки представляют ряд своеобразных требований ввиду ряда особенностей сланца как топлива. Эти особенности сланца описаны во второй главе «Основные свойства сланца как топлива».

1. Основные принципы устройства сланцевых топок

Большое количество горючих летучих, большая влажность, а также большая зольность и легкоплавкость сланцевой золы определяют конструкцию сланцевых топок.

Сланцевые топки должны иметь:

а) подсушивающее устройство при сжигании сланца с большой влажностью (от 15 до 25% влаги). Здесь сланец подготавливается к горению. Если сланец имеет влажность 10% и ниже, то подсушивающего устройства делать не надо, т.к. это нарушит весь процесс горения сланца.

б) колосниковую решетку, на которой происходит сжигание сланца;

в) дожигательную решетку, предназначенную для дожигания очаговых остатков и охлаждения раскаленной сланцевой золы;

г) топочное пространство достаточных размеров.

Наличие большого количества легколетучих горючих в сланце предопределяет вопрос об устройстве топочного пространства больших размеров и устройстве отражательных сводов для передачи теплоты, необходимой на возгонку летучих. При сухом сланце применения специальных предтопок для подсушки сланца необходимо избегать, если эти предтопки имеют очаги горения. При наличии очагов горения в предтопках сухой сланец начинает гореть внизу и в слое, благодаря этому возгонка горючих летучих происходит в предтопке при развитии высокой температуры. От этого зола сланца начинает плавиться и весь процесс горения сланца нарушается. При отсутствии очагов горения в предтопках процесс возгонки горючих летучих будет происходить в основном за счет теплоты извне и в небольшом количестве за счет теплоты, получаемой от сгорания летучих в месте их выделения из сланцевого слоя, т. е. над сланцевым слоем.

Благодаря легкоплавкости золы необходимо предусмотреть устройство сводов, отделяющих топочное пространство от колосниковой решетки, на которой сгорает сланец. В случае отсутствия этих сводов лучистая теплота топочного пространства, имеющего высокую температуру, действует на сланец, от этого минеральная часть сланца — зола — начинает плавиться, все куски сланца покрываются тонким слоем расплавленного стекла, не пропускающего изнутри горючие

газы, и от этого кислород, необходимый для горения углерода, не может проникнуть внутрь кусков сланца. Благодаря оплавлению золы процесс горения сланца нарушается, а затем сланец совсем затухает. Сводики, отделяющие топочное пространство от колосниковой решетки, необходимо устроить так, чтобы теплоты, проникающей из топочного пространства, было достаточно для подсушки сланца и возгонки летучих и не было бы излишка тепла, могущего расплавить золу сланца.

Так как наибольшее количество времени для сжигания сланца уходит на сжигание полукокса и выжигание углерода из кокса, поэтому размеры колосниковой решетки имеют увеличенный, растянутый вид; растянутость эта вызывается исключительно необходимостью полного сжигания полукокса и кокса. При этом необходимо предусмотреть, чтобы температура этой части топки не превышала 1000°C , в противном случае зола сланца начнет оплаиваться, получатся шлаки с большим содержанием углерода, а сплавленные шлаки заливают все. Температура, необходимая для получения хорошей золы, колеблется в пределах $920-940^{\circ}\text{C}$.

Для выжигания очаговых остатков и охлаждения их должна быть предусмотрена шахта, в которую сваливаются очаговые остатки, через последние прогоняется холодный воздух. Последний, соприкасаясь с раскаленными очаговыми остатками, охлаждает их сам же, нагревается и в горячем виде поступает в топку.

При проектировании топки необходимо предусмотреть подачу горячего дутья в то место, где происходит подсушка сланца и возгонка летучих.

Необходимо стремиться подавать воздух позонно, т. е. под каждую секцию отдельно, с возможностью легко регулировать приток воздуха в любых количествах и в любое место.

Наличие большого количества летучих, бурно выделяющихся сравнительно в короткое время, и медленное выжигание полукокса и кокса диктуют необходимость устройства топочного пространства больших размеров из расчета от 200 до 250 ккал на каждый кубометр топочного пространства, а также необходимость подачи вторичного воздуха в топочное пространство. Для лучшего перемешивания горючих летучих с поступающим первичным и вторичным воздухом необходимо предусмотреть устройство сводиков, способствующих хорошему перемешиванию газов с воздухом и не допускающих образования мертвых углов и мешков.

Только при соблюдении всех этих условий проектируемая сланцевая топка будет пригодна для эксплуатации.

Еще в 1922 г. были попытки дать конструкцию сланцевой топки, которая в основном отвечала бы вышеуказанным требованиям, но проводимые в то время опыты не привели к положительным результатам сжигания сланца под паровыми котлами. Только за последнее время явилась возможность сжигать сланец под котлами малой мощности (до 250 кв. м.) и средней мощ.osti от 250 до 800 кв. метр.

Так как сланец при своем горении в топках ввиду малой теплопроводности золы требует непрерывного его шевеления, поэтому сжигание сланца мыслимо только в механических топках с подвижными колосниками, при наличии влажного сланца необходима шахта для подсушки и подготовки к газификации сланца.

2. Топка инж. Сильницкого А. К.

Эта топка имеет две наклонные колосниковые решетки, расположенные одна под другой; нижняя решетка имеет наклон в обратную сторону.

На рис. 8 указана топка Сильницкого. Сланец загружается в бункер Б, откуда он под влиянием собственного веса поступает на сплошную чугунную плиту П. С плиты сланец помощью толкача Т перемещается на колосниковую решетку К. Отсюда горящий сланец поступает на вторую колосниковую решетку Р, с последней очаговые остатки

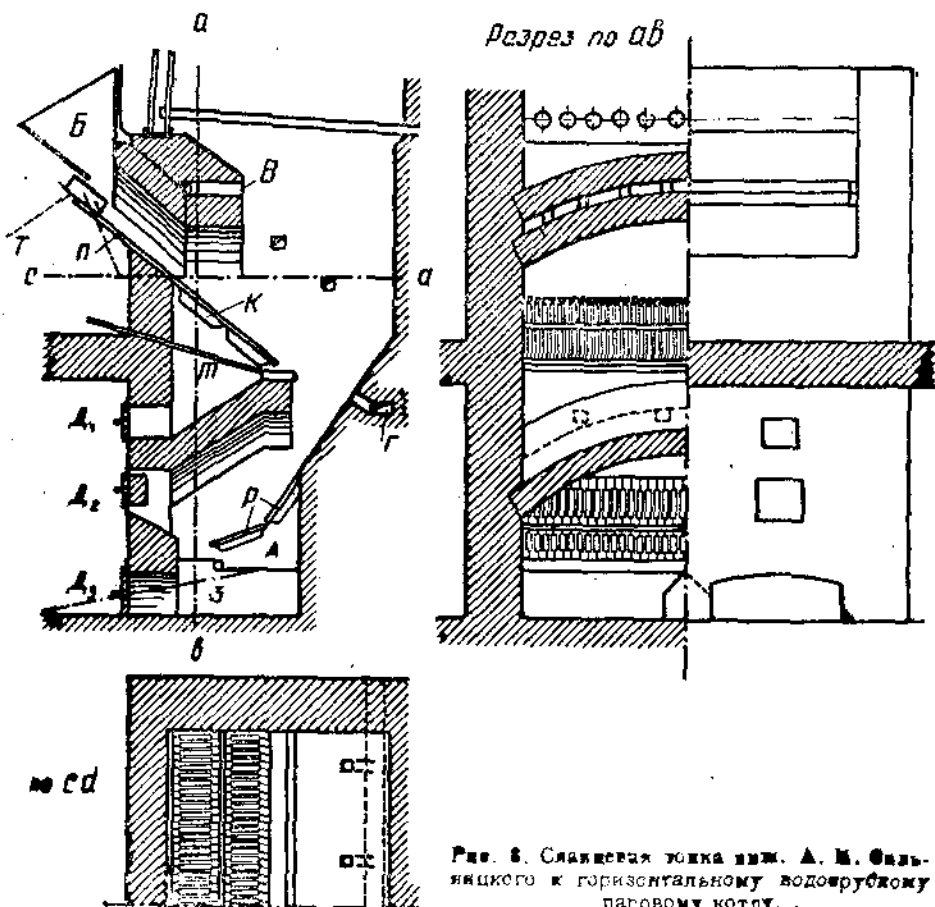


Рис. 8. Сланцевая топка инж. А. М. Сильницкого к горизонтальному водовпускному паровому котлу.

механически или помощью ночерги сталиваются в зольник З. Необходимый для горения воздух подается под напором от вентилятора самостоятельно под каждую решетку в пространство М и А с самостоятельным регулированием воздуха.

Кроме того предусмотрена подача вторичного воздуха через каналы В и Г.

Процесс горения на этой топке происходит следующим образом: на нижнем конце плиты П и верхней части колосниковой решетки К происходит подсушка сланца и возгонка летучих. На нижней ча-

ети колосниковой решетки К и на верхней части колосниковой решетки Р происходит догорание полуконса и кокса, а внизу идет выгорание и охлаждение очаговых остатков.

Провалы с колосниковых решеток К и Р собираются отдельно в

поддувалах М и А. Во время работы дутья герметические дверки Д плотно закрыты. Во время удаления золы дутье воздуха прекращается и дверки открываются для шуровки или чистки.

Недостатки этой топки те, что топочное пространство не отделено от колосниковой решетки, благодаря чему на решетке К сланец будет плавиться и полного выгорания не будет. Остывание очаговых остатков в зольнике З не может быть достаточным. Ручное обслуживание топки затруднительно.

Вид с фронта

Разрез I-I

Разрез II-II

Разрез III-III

Рис. 9. Топка ниж. Регенера

3. Топка инж. Регирера

Эта топка, изображенная на рис. 9, имеет шахту 1 с наклонным зеркалом горения. Из шахты сланец поступает на наклонно поставленный под, а с него переходит на обыкновенную колосниковую решетку 2, имеющую тот же уклон, что и под.

Сланец, спускаясь с колосниковой решетки, падает на под 3 и если отсюда сланец во-время не убирать, то по мере накопления образуется плаховый затор.

В нижней части задней стенки топки сделан уступ 11 на случай установки горизонтальных колосников, как это указано пунктиром 5. Растопка помощью дров производится через боковую дверку 6. Дрова закидываются на слой золы, оставшейся от предыдущей топки, и зажигаются. После сгорания дров на раскаленный древесный уголь загружается сланец, который загорается и тогда вступает в действие. Толщина слоя топлива регулируется подвижной заслонкой 7. Удаление золы ручное, зола с нижнего пода 3 кочергой выгребается в вагонетку 8.

Для лучшего перемешивания горючих газов с воздухом предусмотрено особое сужение, в виде двух огов 9. Для подвода добавочного воздуха в стенках топочной обмуровки устроены воздушные каналы 10.

Процесс сжигания сланца на этой топке производится следующим образом:

В бункер загружается сланец, откуда он, пройдя заслонку, сползает на колосниковую решетку, здесь он, попадая в сильно нагретое пространство, выделяет все летучие, образуя полукокс. На образовавшуюся полукоксую постель попадает новая порция сланца, которая загорается, выделяя летучие.

Полукокс помощью кочерги пробивается через наклонные колосники, здесь на подтопке весь полукокс выгорает и выгоревшая зола сваливается в зольник, откуда зола по мере накопления выгребается или в ящики или в вагонетку, смотря по мощности котла и по наличию возможности сильно углубиться в землю. Указанный тип топки может быть применен в том только случае, если температура топочного пространства не поднимается выше 1000°C; в противном случае сланец в топке покрывается расплавленной стеклышней пленкой и, если не производить переворачивание сланца, то топка гаснет. Следовательно, для нормального хода топки кочегар все время должен вести переворачивание сланца, производя это или через колосники или поверх колосников.

В таком виде топка, конечно, промышленного значения не могла иметь, так как постоянное переворачивание сланца ручным способом слишком усложняет обслуживание топки. Установка этой топки требует большого углубления под пол котельной.

Эксплоатационные цифры работы топки показали полную нерентабельность ее. Ввиду ручного дробления сланца, ручного обслуживания самой топки, почти вдвое превышающего обслуживание топки на дровах и угле, а также ручного выгреба золы и вывозки ее с места работы на определенное место. Тип этой топки в жизни не применялся.

В таблице 25 приведены результаты парадного испытания этой топки.

Таблица 25

Наименование	Обозначение	Размерность	Числов. величины	
			Несорт.	Отсортир.
Топливо:				
Ундоровский сланец кусковой:				
Влажность	W	%	25,3%	18,4%
Содержание золы на сухую навеску	A	%	56,49	67,03
Содержание углекислоты карбонатов	CO ₂ ^к	%	7,25	5,5
Низшая теплотворн. способн. топл.	Q _D ^н	Кал/кг. т-кал.	1813	2165
Видимая тепловая нагрузка решетки	Q/R	кв. м. час.	415	530
Коэффициент избытка воздуха за котлом	α _к	—	1,6	1,4
Тепловой баланс:				
Используется котлом	q ₁	%	55,4	54,5
Потеря с уходящими газами	q _г	%	23,6	19,2
Остаточный член теплового баланса	q _в ост.	%	12,6	18,0
Потеря в выгребе	q _в выгр.	%	8,4	8,3

Отличительные недостатки этой топки:

- а) большая потеря с выгребом шлаков;
- б) необеспеченность бесперебойной работы котла;
- в) трудность ручного обслуживания—напряженная работа коочегаров.

4. Механическая топка инж. А. К. Сильницкого

Более совершенная топка была спроектирована инж. Сильницким. Она имеет три горизонтальных ступени А с возвратно-поступательным движением толкачей Т, как это указано на рис. 10. В этой топке в последней нижней ступени примыкает кирпичная шахта Ш, имеющая наклонное дно, с установленной колосниковой решеткой К. Под решеткой помещен скребковый транспортер Т с решетчатым дном, заканчивающийся золыным бункером, под который подставляется вагонетка В для золы. Действие топки заключается в том, что сланец из вагонетки С подается в бункер Б, откуда он помощью толкача Т подается на первую ступень. По мере подачи новых порций сланца с помощью обратного поступательного движения толкача Т первые порции сланца постепенно передвигаются с первой ступени на вторую, со второй на третью и с последней в шахту, где получившийся полукочек догорает и в виде золы поступает на транспортер, а с него в вагонетку.

Конструктор топки инж. Сильницкий предполагал, что ход процесса возгонки летучих и дожигания полукочка должен происходить в следующем порядке: сланец, двигаясь по ступеням топки, должен под-

сохнуть и выделить летучие, превращаясь в полукокс, а затем в кокс, последний должен выгорать в шахте топки. Раскаленная зола при своем движении в пространстве хода транспортера должна отдать тепло воздуху, подаваемому вентилятором под колосниковую решетку через транспортер, и в холодном виде попасть в зольный бункер. Не в действительности эта топка, будучи установлена в 1925 г. на Самар-

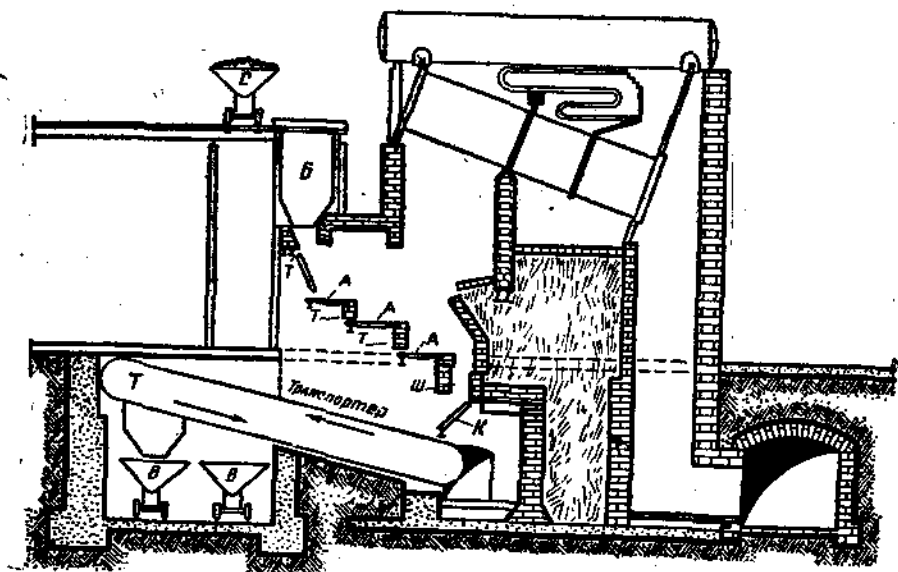


Рис. 10. Механическая топка инж. А. К. Сильницкого

ской городской электростанции, показала, что сланец на второй ступени плавился в виду высокой температуры в топке, и благодаря жвлению сланца нарушался весь процесс горения, поэтому конструкция первой механической топки в том виде, как ее запроектировал инж. Сильницкий, была неудачной. В процессе проведения опытов она была несколько изменена Соловьевым. Изменение коснулось главным образом устройства сводов над ступенями, т. е. отделения топочного пространства от топки, и устройства внизу под колосниковой решеткой реторты, необходимой для сжигания мазута, потребного на разогрев топки. Форсунка зажигалась для растопки топки и горела до тех пор, пока не разогревался свод и не загорался сланец, находящийся на ступенях топки. Кроме того был убран транспортер, благодаря чему сланцевая зола из шахты в полужидком состоянии выливалась на кирпичный стол, на котором она разбивалась кулаками. Благодаря этой переделке топка из обыкновенной превратилась в газовую, так как через колосниковую решетку был совершенно прекращен доступ воздуха, выделившиеся из сланца летучие поступали в камеру сгорания, которая находилась над сводом, там они сгорали. Благодаря такому устройству в пространстве над колосниковой решеткой температура не поднималась выше 1000°C , отчего не происходило остекления сланца, процесс возгонки летучих на колосниках шел нормально, превращая сланец на третьей ступени в полукокс и кокс. Температура топочного пространства была в пределах $1200-1300^{\circ}\text{C}$, коэффициент избытка воздуха наблюдался от 1,1 до

1,15, доходя иногда до 1,2. Напряжение поверхности нагрева котла во время опыта колебалось в пределах 20—22 кг пара в час с одного квадратного метра поверхности нагрева котла. ■

5. Механическая топка Соловьева

На основе реконструкции топки Сильницкого, Соловьевым была сконструирована топка с вращающимися и опрокидывающимися чугунными колосниками, помещенными в так называемую реторту, как это указано на рис. 11.

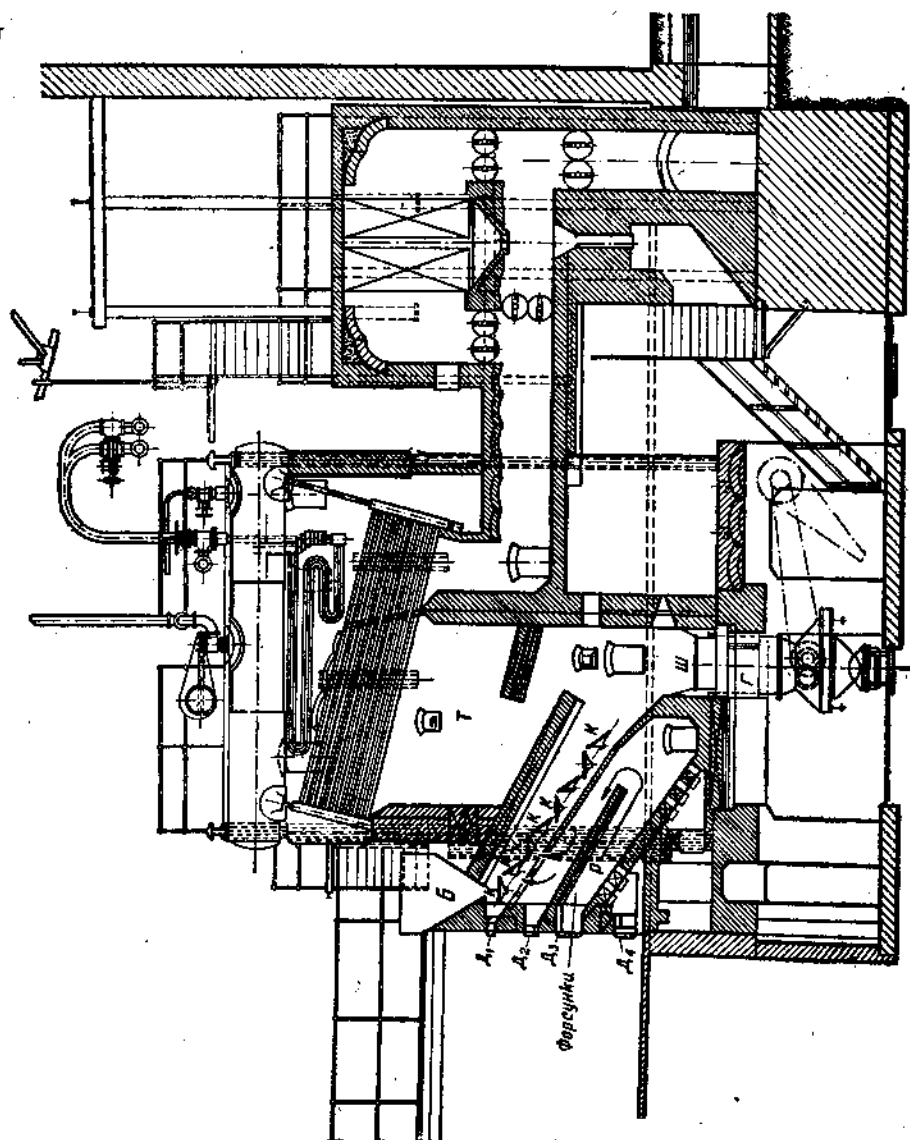


Рис. 11. Механическая топка Соловьева

Сланец, предварительно размолотый до величины 2,5—10 см, подавался в бункер Б, а из бункера помощью питательного прибора

подавался на колосниковую решетку. Колосниковая решетка состояла из вращающихся колосников. К. Здесь сланец под влиянием раскаленного свода и нагретых колосников подсыхал, постепенно выделял горючие летучие. Последние летят в топочное пространство. Так как свободного доступа воздуха на решетку не имеется, поэтому летучие не сгорают в реторте, т. е. на колосниковой решетке, а происходит так называемый генераторный процесс—получения горючих газов. Все газы возгонки и генераторного процесса поступают в особую камеру сгорания Т, расположенную над ретортой. Сланец, поступивший на колосники, по мере своего продвижения постепенно теряет летучие и на последней ступени он должен лишиться всех летучих и превратиться в кокс, который с последней ступени, т. е. с последнего колосника К поступает в особую шахту Ш, в которой происходит догорание кокса в воздухе, подаваемом в шахту помощью установленной воздуходувки. Внизу шахты были установлены дробильные вальцы, через которые должен проходить выгоревший кокс, или так называемая сланцевая зола. Температура в шахте, по мнению конструктора, ни в коем случае не должна быть выше 900°C и таким образом плавление золы в шахте не должно иметь места. Если в шахту будет попадать сланец с некоторым количеством летучих, то при интенсивной подаче воздуха в шахте должна подниматься температура выше 1200°C и поэтому зола в шахте должна будет расплавиться, а при охлаждении своем должна залить низ шахты у дробильных вальцев. Разогрев топки производится помощью мазутной форсунки, установленной под колосниками в реторте Р. Топка имеет четыре герметически закрывающиеся дверки Д. Через четвертую дверку Д_4 подводится воздух, когда работает форсунка.

В 1930 г. эта топка была установлена на Самарской государственной районной электрической станции. Опыты, производившиеся в течение мая—августа 1930 г. не были доведены до конца по следующим причинам: а) паровой котел, под которым была установлена топка, нужен был для эксплуатационных целей электростанции, поэтому было предложено его освободить от сланцевой топки и передать в эксплуатацию Самарской городской электростанции, что и было сделано; б) конструктивные недостатки топки не дали возможности добиться устойчивого процесса горения сланца.

Сама идея топки Соловьева П. М. вполне правильна и состоит в том, что сланец, находясь в реторте на вращающихся колосниках, постепенно теряя летучие должен поступать в шахту совершенно лишенным летучих. В шахту должен поступать кокс, который выгорает в шахте и превращается в золу. При опытах было констатировано, что, если в шахту с последнего колосника попадал сланец с летучими, то неминуемо происходило повышение температуры и сланец плавился, нарушая весь ход опыта. Так как опыты не были доведены до конца, поэтому окончательных результатов не получено.

Сжигание сланца было произведено на той же Самарской электростанции в мае—июле 1928 г. на топке типа Ричарда Каблица. Топка из-под угольной была приспособлена под сланец.

6. Механическая топка Р. Каблица

Механическая топка Каблица, указанная на рис. 12, состоит из бункера 1, в который засыпается сланец; помощью плунжера 2 сланец передвигается на наклонную плиту 3, с которой переходит на колос-

никовую решетку. Последняя состоит из 3 или 4 секций, а эти последние из ряда чередующихся между собой подвижных и неподвижных колосников, опирающихся своими концами на охлаждаемые водой поперечные балки; эти балки лежат на швеллерах, замурованных наглухо в кладке. Подвижные колосники своими концами скользят по неподвижным балкам, а неподвижные колосники своими концами прикреплены к этим балкам.

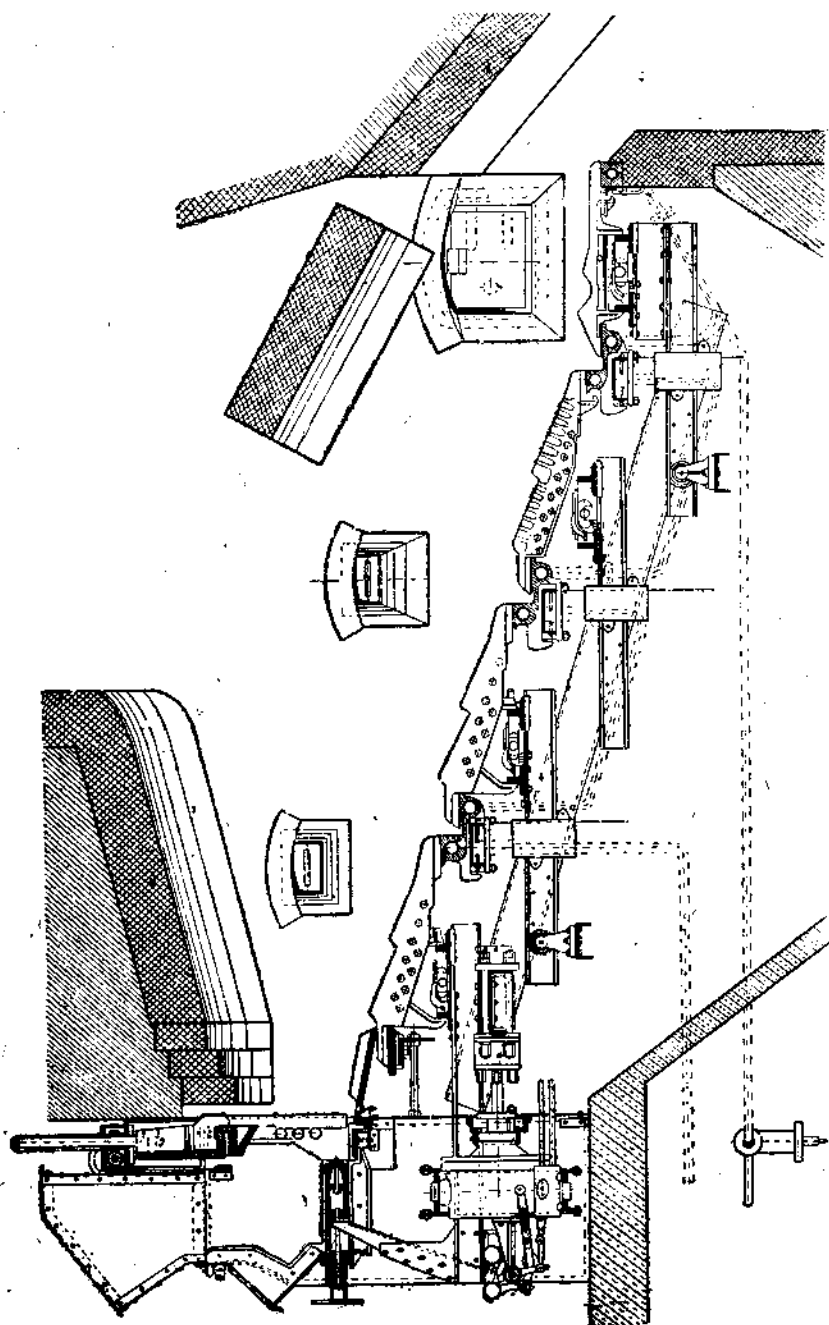


Рис. 12. Механическая толка Р. Каблица.

Вся подвижная часть колосниковой решетки и плунжер приводятся в движение от паровой машины, смонтированной вместе со всей топкой, скорость движения топки регулируется помощью ртутного регулятора. Паровая машина 4 помощью штока соединена с железной рамой 5, которая катается на роликах.

Размеры колосников: длина 980 мм, ширина 75 мм. При укладке их в раму оставляются зазоры от 3 до 5 мм; через эти зазоры проходит воздух, необходимый для горения топлива.

Топливо, пройдя наклонные подвижные колосники 6 в количестве 3 рядов, поступает на горизонтальную секцию 7, называемую декрессером. Эта секция состоит также из ряда чередующихся между собой подвижных и неподвижных колосников. Колосники наклонной и горизонтальной секции имеют различный вид, другую форму и размеры, чем наклонные колосники, что видно на рисунке. Кроме того зазоры между колосниками горизонтальной секции доведены до минимума.

Для сжигания каменного угля топка Р. Каблицы имеет 3 наклонных секции и одну горизонтальную секцию с минимальным живым сечением. Проведенные на этой топке опыты по сжиганию волжских сланцев показали, что для полного выжигания полукокса и кокса сланца необходимо длину колосниковой решетки увеличить. Для этого пришлось, не изменяя первоначальную длину отдельных колосников, увеличить число наклонных секций, сделав четыре секции и вместо одной установить две горизонтальных секции, увеличив в них площадь живого сечения помощью увеличения прозоров между каждым колосником.

На рис. 13 изображена топка системы Каблицы; эта топка специально приспособлена к сжиганию сланца. Сланец из бункера Р поступает на толкач, который, двигаясь попеременно вперед и назад, проталкивает сланец на колосники топки; толщина слоя топлива регулируется доской Б, имеющей вертикальное движение. Колосники топки имеют долевое направление с возвратно-поступательным движением, т. е. двигаются взад и вперед, но в движение приводятся не все колосники, а через один. Движение колосников происходит толчкообразно.

Вся топка состоит из 6 секций, из которых первые четыре (1, 2, 3, 4) расположены наклонно, а две последние (5, 6) расположены горизонтально; кроме того вся шестая последняя секция колосников неподвижна. Первые четыре секции имеют один и тот же профиль и размеры, а пятая и шестая имеют отличный от них размер и профиль.

Движение колосников производится от паровой машины (не показанной на рисунке), сконструированной заодно с топкой; ход колосников регулируется особым ртутным регулятором.

Все пространство под колосниковой решеткой разделено на ряд камер, в которые попадает провал топлива и через которые подводится воздух.

Воздух, необходимый для горения, подается вентилятором по каналам М, расположенным в камерах 2, 4 и 5, причем воздух, поступающий в камеру 2, обслуживает 1, 2 и 3 камеры, регулирование притока воздуха в разные камеры в данном случае происходит помощью шиберов Г; открывая их больше или меньше, можно дать большее или меньшее количество воздуха. Общий приток воздуха регулируется задвижкой, расположенной на общем трубопроводе, идущем от вентилятора. Шестая и пятая секции имеют собственный, каждая

в отдельности, подвод воздуха по каналам М, а первые четыре секции имеют один общий подвод воздуха через самостоятельную сеть М.

Процесс горения протекает на этой решетке следующим образом: топливо из бункера Р попадает на толкач К, который сдвигает его на плиту С, а с последней оно самотеком сползает на первую секцию решетки, последняя находится в холодном состоянии, следовательно, здесь подсушка и возгонка летучих сланца идет помощью лучистой теплоты, отраженной сводами, далее топливо передвигается, выделяя остальную часть летучих и постепенно превращаясь в полукокс и кокс, последний догорает на пятой и шестой секции. Затем кокс сваливается в шахту Ш, где он полностью выгорает, превращаясь в золу, последняя охлаждается и проваливается в подставленную вагонетку. Зона собственно горения протекает на второй и третьей секции, а иногда захватывается и четвертая секция, где можно наблюдать, как сланец

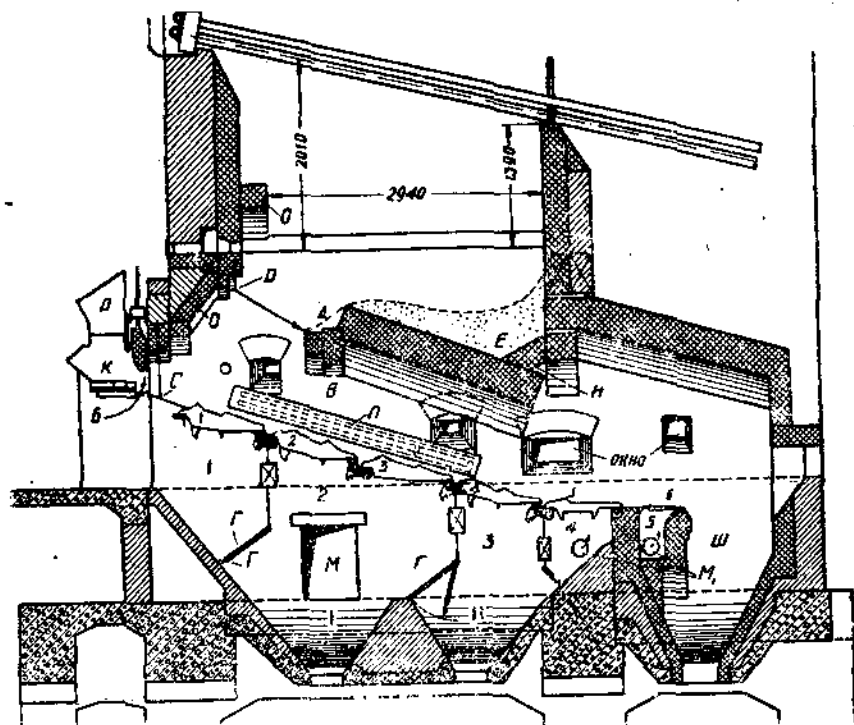


Рис. 13. Механическая толкач С. Каблица, приспособленная к сжиганию кашпирского сланца, имеет 4 секции наклонных и две секции горизонтальных колосников. Толкач была установлена на Самарской электростанции

горит ярким белым пламенем. Количество секций, захватываемых горением, зависит исключительно от химического состава сланца, от количества содержащейся в нем влаги и летучих, т. е. от сорта и месторождения сланца.

При сухом и малозольном сланце это перемещение зоны собственно горения идет снизу вверх по длине решетки, т. е. переход от четвертой на третью секцию, а при более влажном сланце зона собственного горения спускается с третьей на четвертую секцию, иногда захватывая частично пятую горизонтальную секцию.

Для правильного ведения процесса горения на этой колосниковой

решетке необходимо перекрывающие своды устроить так, чтобы горячие и огненные газы омывали или вернее оноласкивали слой топлива, отдавая ему часть своей теплоты для подсушивания сланца, газо-выделения и зажигания его. Указанное на рис. 13 расположение сводов, а также выступов В и О вполне отвечает требованиям правильного ведения процесса горения. Если проделать отверстие в своде в месте Н, дав возможность газам от горящего сланца, расположенного на 6, 5, 4 и частично 3 секции, уходить в топочное пространство, то топка затухнет, причем затухание пойдет с первой секции на вторую, а затем постепенно будет продвигаться на следующие секции, пока вся топка не загаснет. Это затухание происходит благодаря тому, что горячие и огненные газы не обогревают вновь поступающее топливо, а уходят в отверстие Н, а сам сланец, обладая большой вязкостью и малой калорийностью, не в состоянии развить столько тепла, чтобы приготовить к горению вышележащий слой и зажечь его, а теплота топочного пространства не падает на слой сланца, так как этому мешает устроженный свод А, В, Е. Вторичный воздух подается в топочное пространство через канал Д. Встречаясь с потоком горячих газов, вторичный воздух, будучи подогрет, хорошо смешивается с газами и обеспечивает полное сжигание их в топочном пространстве.

Чтобы не происходило прилипания раскаленных шлаков к боковым стенкам топки закладывается чугунная плита П с циркулирующей в ней холодной воды, которая проходит по трубам, указанным пунктиром.

Весь унос мелкого топлива оседает на своде, что указано на рисунке пунктиром и буквой Е.

Толщина слоя сланца на колосниковой решетке колеблется от 270 до 350 мм, коэффициент избытка воздуха 1,3—1,4; наибольшее количество провала дает первая секция колосников. Процесс выделения летучих начинается с первой секции колосников и заканчивается на третьей или четвертой секции, на последних секциях идет догорание и выгорание полукокса и кокса с превращением их в золу.

Опыты, проведенные по сжиганию кашпирского сланца на Самарской электростанции (топка указана на рис. 13), в Ленинграде на судоверфи (чертеж топки указан на рис. 14) и в котельной лаборатории Всесоюзного теплотехнического института в Москве (чертеж топки приведен на рис. 15) определенно указывают на необходимость устройства значительных сводовых перекрытий, нужных для сжигания низкокалорийного и высокосольного сланца. При этом необходимо обратить особое внимание на то обстоятельство, что горячие газы от сжигания полукокса и кокса направляются к передним секциям топки, чтобы этим подсушить и газифицировать сланец, т. е. подготовить его к нормальному сжиганию.

Учитывая большой и при этом бурный выход летучих во всех рассматриваемых топках при проектировании необходимо предусмотреть большой размер топочного пространства и можно дать приток добавочного вторичного воздуха.

В переталкивающих топках системы Р. Каблица имеется та положительная особенность, что помимо поступательного движения сланца от передней секции к декрессеру еще имеется перемешивание, шевеление сланца, благодаря этому нижние куски сланца попадают наверх, а верхние раскаленные куски попадают вниз, создавая этим рас-

каменную подстилку, отчего улучшается процесс горения и сланец горит не только в верхнем слое, но и во всей массе.

Особенность топки Каблица заключается в том, что подвижные колосники двигаются не плавно, а толчкообразно: благодаря такому сильному толчкообразному движению колосников происходит сильное встряхивание всего сланцевого слоя, находящегося на решетке и верхние куски попадают на низ, а нижние незагоревшиеся еще выбрасываются наверх, т. е. происходит полное перемешивание всего горящего слоя сланца.

Во всех проведенных опытах сжигания сланца на колосниковой решетке системы Р. Каблица отмечается та благоприятная особенность, что сланец, попадая из шахты в зону возгонки летучих, быстро загорается, горение сланца протекает вполне устойчиво без вмешательства кочегара для шевеления слоя горящего сланца.

Первые опыты по сжиганию сланца на топках Р. Каблица были произведены в 1927 г. на серпуховской ситценабивной фабрике 1-го Хлопчатобумажного треста. Результат этого испытания приведен ниже:

Таблица 26

№ п. п.	Наименование	5/1—27 г.		1/1—27 г.	
		кало- рий	в %	кало- рий	в %
1	Использовано котлом	1819	58,9	2018	64,5
2	Потери с отходящими газами	505	16,4	506	16,2
3	Потери от химич. неполноты горения	0	0	0	0
4	Потери от провалов	85	2,8	78	2,5
5	Потери в выгребе шлака	43	1,4	41	1,3
6	Потери в выгребе горюч.	417	13,5	266	8,5
7	Потери в окружающ. сред.	216	7,0	219	7,0
Рабочая теплот. способ.		3095	100,0	3126	100,0
8	Испарительн. по нормальному пару	—	2,84	—	3,15
9	Напряжение котла по нормальному пару	—	14,9	—	17,6

В 1928 г. были произведены опыты на Самарской городской электростанции. Топка Р. Каблица, изготовленная для каменного угля, была переделана под водокатный сланец. На ней в течение лета 1928 г. сжигался кашпирский и ундоровско-захарьевский сланец. Топка была установлена под водотрубным котлом системы Бобкок и Вилькоккс, поверхностью нагрева $H_k = 245$ кв. м, с поверхностью пароперегревателя $H_{пер} = 72,6$ кв. м. Площадь зеркала горения $R = 12$ кв. м, объем топочного пространства $V = 21,7$ куб. м.

Проведенные опыты показали, что:

а) процесс горения в топке был правильный, без следов неполноты горения;

б) коэффициент избытка воздуха был в пределах 1,25—1,30;

в) напряжение топочного пространства было доведено до нормальной величины, а именно: до 330 ккал. на 1 куб. м в час при теплонапряжении зеркала горения около 600 ккал. на 1 кв. м. в час;

г) провал через колосниковую решетку представлял довольно значительную величину, при некотором изменении конструктивных частей топки провал сланца можно довести до минимума, но совершенно устранить его нельзя благодаря форме отдельных колосников;

д) зола, удаляемая из бункера при температуре около 900°C , уносила большое количество тепла, что являлось большой потерей тепла котельной установки. При использовании этого тепла для подогрева воздуха, подаваемого в топку, эта потеря будет возвращена в котел.

Опытов для устранения этих недостатков провести не удалось, так как в процессе работ по сжиганию сланца произошли поломки паровой машины, от которой производилось движение движущихся частей топки.

Тепловой баланс, выведенный из наблюдений за 6 июля 1928 г., представляется в следующем виде:

Таблица 27

№ по порядку	Тепловой баланс	Опыты 6 июля	
		калорий	в %
1	Использовано в котле и пароперегревателе без экономайзера	1220	61,0
2	Потери с отходящими газами	362	18,1
3	Потери от провалов (механ. неполнота горения)	170	8,5
4	Потери с раскаленными шлаками	54	2,7
5	Потери с водой, охлаждающей панели	33	1,6
6	Потери в окружающую среду и прочие потери	163	8,1
	Всего	2002	100%

Напряжение поверхности нагрева парового котла колебалось от 27 до 30 кг нормального пара с квадратного метра поверхности нагрева котла; испарительность топлива была равна 2,04—2,13.

При изменении конструкции топки потери от провала, от шлаков и отвода (ст. 3, 4 и 5 таблицы 27) возможно устранить и кроме того возможно использование теплоты отходящих в дымовую трубу газов, снижая температуру их с 346°C до $150\text{—}200^{\circ}\text{C}$. В результате изменений коэффициент полезного действия котла значительно вырастет и примет нормальную величину.

В 1930 г. (апрель—сентябрь) проводились опыты сжигания сланца на топке Р. Каблицы в Ленинграде на судостроительной верфи. Топка была установлена под котлом Бобкок и Вилькоккс с поверхностью нагрева $H_k = 180$ кв. м. и с пароперегревателем $H_{пер} = 26$ кв. м. Площадь колосниковой решетки $R = 9,6$ кв. м, полезный объем топочного пространства $V = 11$ куб. м.

Чертеж топки указан на рис. 14.

Эти опыты были продолжением опытов, проведенных на серпуховской фабрике в 1927 г.

Эти опыты продолжались довольно длительный период с перделкой сводов, пока не была найдена конструкция сводов, вполне отвечающая правильному сгоранию сланца.

Под первую секцию подавался горячий воздух, под остальные секции дутье было холодное, в топочное пространство подавался вторичный воздух. Ниже приведены результаты наблюдения этих опытов.

Сланец загорался почти сразу же, как только загрузочная плита подавала его на решетку; языки пламени, идущие на встречу поступающему сланцу, в момент подачи свежей порции, продвигались вплотную к шиберу, регулирующему начальную толщину слоя. При увеличении против начального числа ходов решетки пламя не успевало распространяться до шибера. Для данной установки и сжигаемого сорта сланца в услови-

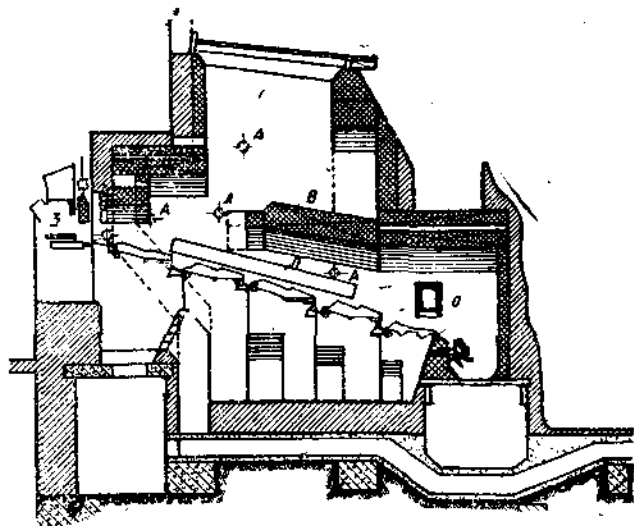


Рис. 14. Механическая топка Р. Каблина, приспособленная к сжиганию сланца и установленная на заводе в Ленинграде

ях опыта, при начальной толщине слоя в 310 мм число ходов машинки в минуту было равно—4, ход загрузочной плиты—57 мм и напряженности решетки—200 кг. м²ч (550 000 кал. м²ч), скорость распространения горения была 0,25—0,3 м.

Картина горения по длине решетки рисуется следующим образом. У загрузочной плиты небольшие языки красного пламени с густыми дымовыми прослойками.

На середине первой секции пламя значительно сильнее, более густое, с меньшим количеством дыма.

На второй и третьей секциях очень интенсивное горение. Столб пламени—резкий, ослепительно белый без прослойки дыма.

На четвертой секции происходит уже догорание сланца короткими яркочелюстными языками пламени.

Горение обрывалось примерно на середине четвертой секции. Дальше местами видны были дымящиеся куски шлака. При увеличении числа ходов решетки граница горения приближалась к концу решетки. Пламя сводиками, встречными потоками направляется под вторую секцию к горловине топки, где происходит перемешивание пламени, усиливается вдуваемым через фурмы вторичным воздухом. В дальнейшем пламя поступает в топочную камеру и кончается между трубами 1 хода котла.

В соответствии с движением пламени температура топки повышается ко второй секции, где достигает максимума. В горловине топки температура смешанных газов немного ниже; в топочной камере она уменьшается, так как здесь имеет место отдача тепла котлу лучеиспусканием.

С увеличением числа ходов топки температура у загрузочного шибера падает, причем повышается температура над третьей и четвертой секциями вследствие сдвига интенсивной зоны горения ближе к концу решетки, а раскаленный кокс частично переходит в шахту.

Температура в топочной камере, содержание RO_2 и CO при увеличении числа ходов решетки увеличиваются.

Выгреб шлака сопровождается открытием дверцы под шлаковым бункером, это иногда вызывает понижение температуры над четвертой секцией и в топочной камере, так как имеют место прорывы холодного воздуха.

Связанное с чисткой секций от провала прикрытие дутья вызывает, как и следовало ожидать, значительное понижение разряжений в шлаковом бункере и в топочной камере и повышение расхода горячего воздуха с падением подачи вентилятором холодного воздуха (первый увеличивается в 1, 2 раза против среднего, который уменьшается в 1,6 раза).

Относительно движения топлива по решетке надо отметить, что мысль, идея конструктора—резким движением колосников (изломанный профиль) создать энергичное встряхивание и перемешивание топлива на решетке—неполностью осуществилась в данной установке.

Перемешивания, по крайней мере наружных слоев, не было заметно.

Толщина слоя топлива на решетке не зависит от числа ходов, а зависит от относительной величины ходов колосников каждой секции: с увеличением длины хода какой-либо секции без соответствующего увеличения хода других толщина слоя на ней уменьшается и наоборот.

Толщину слоя удалось определить лишь в начале и конце решетки, где кончалось густое пламя. Как показывают наблюдения, на толщину слоя шлаков в конце решетки кроме хода колосников имеет влияние подпор, создаваемый шлаком, лежащим в шахте. После опораживания последней наблюдалось уменьшение толщины слоя. Кроме того на толщину слоя в конце решетки оказывает влияние спекаемость шлака, так как тогда создаются другие условия для движения его, чем в случае неспекающегося шлака (последний более рыхлый и беспрепятственно сваливается в бункер).

Процент спекаемости шлака при данном испытании был значительно больше, чем наблюдался прежде.

Сплавленные куски шлака становятся заметными для глаза там, где кончается горение, т. е. примерно, со середины четвертой секции, причем в щелях стенок сплавившегося шлака больше, чем посредине решетки. Для опораживания бункера из-за наличия крупных кусков спекшегося шлака приходилось их разбивать ломом через дверцу сбоку и через люк снизу.

Температура выгруженного шлака держалась в пределах 450—640°C. Калориметрирование шлака дало среднее теплосодержание его 110 кал./кг.

Наблюдение за выгружаемым из секций провалом дало следующую картину:

Наибольшее количество провала из второй и третьей секций, наименьшее из пятой. Провал первой секции почти чистый сланец в виде порошка (колосники первой секции по своей конструкции допускают провал только в таком виде), во второй и третьей секциях провал представляет собой смесь мелких полуобгорелых кусочков сланца и золы; в четвертых—смесь золы и кусочков сланцевого кокса и в пятой секции—чистая зола.

Замер температур выгружаемого провала дал следующие цифры: первой секции—45°, второй и третьей секций—44°, четвертой—31° и пятой—25°.

Вода, охлаждающая топочные балочки, служащие опорой для колосников, при выходе имела низкую температуру; это при малом ее расходе указывает на слабый нагрев балочек.

Изложенные выше соображения относительно процесса горения сланцевого топлива, имеющего большой выход летучих на горючую массу, вновь подтверждают, что горение сланца происходит вне слоя, в топочном пространстве. В числе прочих факторов на это указывает низкая температура провала и малый нагрев колосниковых балочек.

В 1931 г. были поставлены опыты по сжиганию сланца на топке Р. Каблица. Топка была установлена в Москве в котельной лаборатории Всесоюзного теплотехнического института под котлом с поверхностью нагрева $H_k = 181$ кв. м и пароперегревателя $H_{пер} = 66$ кв. м, площадь колосниковой решетки $R = 7,4$ кв. м, объем топочного пространства $V = 14$ куб. м.

Чертеж топки приведен на рис. 15.

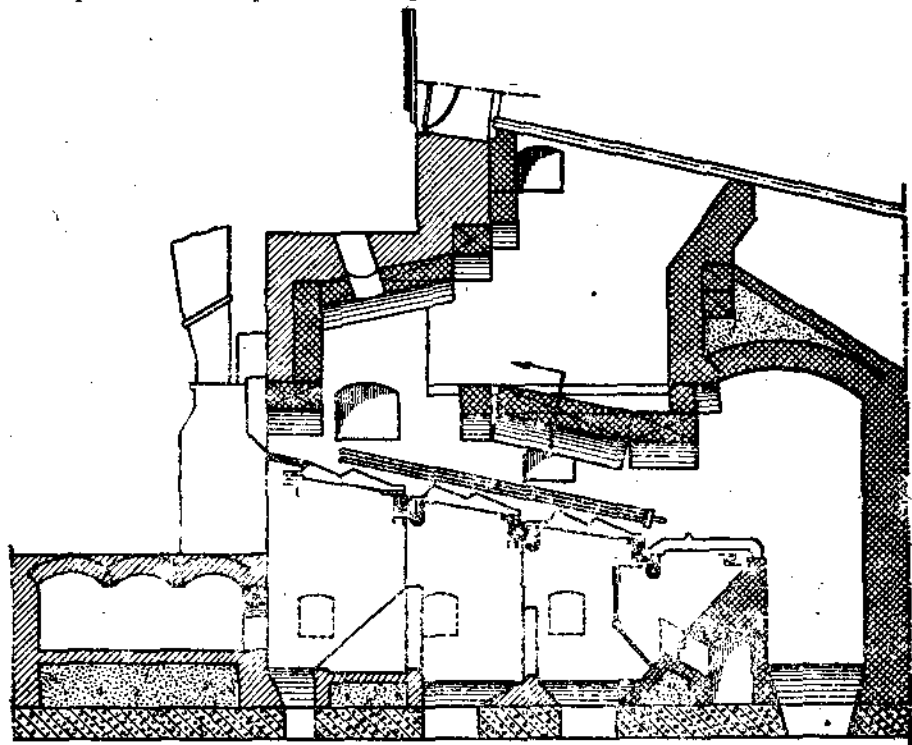


Рис. 15. Механическая топка Р. Каблица, приспособленная к сжиганию сланца и установленная в котельной лаборатории ВТИ

Подводя общие итоги всем проведенным опытам, можно констатировать, что между ними имеется большое сходство и не наблюдается резких различий. Ввиду легкоплавкости золы щелочного ее характера наблюдалось оплавление внутренней футеровки топки, главным образом у передних сводов, где наблюдались паросты в виде сосулек, с которых расплавленная зола стекала на колосниковую решетку.

Сланцевая зола в виде пыли летела в топочное пространство, где она садилась в швы, соединялась с глиной швов и образовывала легко-

плавкую массу, отчего глина из швов выплавлялась, терялось связующее вещество между отдельными кирпичами и стенки топки и своды рушались. Чтобы предотвратить это нежелательное явление, необходимо для футеровки топки применять щелочные огнеупорные материалы—кирпич и глину, так как зола сланца является сильно щелочным веществом. Если футеровка сделана из кислотного материала, то сланцевая зола быстро соединяется с футеровкой, образуется легкоплавкое вещество и футеровка топки быстро разрушается. Помимо этого шлак на последних секциях получается размягченным и удаление его при повышенной тепловой нагрузке решетки происходит при помощи кочегара. В этом случае в шлаковом бункере образуются большие глыбы шлака.

Одним из серьезных недостатков этой топки является большой процент провала, колеблющийся в пределах от 4 до 13, особенно большой провал наблюдается у первой секции. Кроме того имеется большой процент потери тепла с выгребом раскаленной золы в пределах от 1 до 4.

Потеря с уносом является небольшой величиной в пределах от 1 до 3%, что объясняется наличием большого процента содержания горючих летучих в сланце и сравнительно большим топочным пространством, в котором унесенные частицы сланца при наличии высокой температуры успевают полностью выгореть.

Коэффициент полезного действия котельной установки с пароперегревателем и водяным экономизером колеблется в пределах от 60,4 до 72,9%, что указывает на вполне нормальную работу топки.

Напряжение колосниковой решетки колеблется в пределах 500—600 тыс. кал. на 1 кв. м. При увеличении нагрузки на решетку получается большой процент недожога, в основном не сгорает нелетучий углерод кокса, от этого зола принимает темный углеродистый цвет и является непригодной для изготовления из нее стройматериалов, а главное при больших напряжениях получается большое шлакообразование.

Нормальное напряжение топочного пространства необходимо принимать $Q/v=225-250$ кл.кал. на каждый кубометр в час. При увеличении этого напряжения получается увеличенный процент химической и механической неполноты горения.

Экономическая сторона вопроса должного освещения до сих пор пока не получила, так как производились опыты только по выработке типа топки, на которой можно было бы сжигать сланец в промышленном масштабе. Инж. Цвандигер Б. В. в своей брошюре «Сланцевое дело в РСФСР», основываясь на опытах, проведенных по сжиганию сланца на самарской электростанции в 1925 г. на топке инж. Сильницкого, дает нижеприведенные экономические подсчеты. При своем подсчете он исходит из следующих соображений: сланец должен подвозиться со склада электростанции в котельную на расстоянии 200 м, зола из котельной вывозится на расстояние 2 км. Расход несортированного сланца на один котел в одну смену около 24,5 тонны или около 16,4 т. тонны отсортированного сланца. Стоимость сланцевых топок со всем оборудованием около 25 тыс. руб. на котел. Стоимость мазутных резервуаров, нефтеперекачки, трубопроводов и мазутной топки определяется в 5 тыс. руб. на котел. Следовательно, излишний расход на оборудование сланцевой топки будет $25-5=20$ тыс. руб. Принимая к расходу сортированный сланец с зольностью в 45—50%, влажностью в 10% и калорийностью в 2800 кал-кг, при нормальной

влажности зольность сланца примем в 45%, тогда к вывозке подле-
жит $16,4 \text{ тонны} \times 0,45 = 11 \text{ тонн}$ золы в смену.

При удельном весе золы в 0,8 имеем вес золы в куб. метре 0,8 тон-
ны. Вагонетка с объемом 0,75 куб. м вместит в себя около $0,8 \times 0,75 \times$
 $\times 0,5 = \text{около } 0,3 - 0,4 \text{ тонны}$, где 0,5 есть плотность зольной массы в
вагонетке. При одной лошади с погонщиком можно вывезти за один раз
4 вагонетки или 2 тонны золы. При одном обороте вагонетки в 1,5
часа на вывоз 11 тонн золы потребуется 9,0 часа ($11:2 \times 1,5 = 9,0$),
что будет стоить 3 р. 36 к. при стоимости рабочего дня—лошадь и
погонщик—в 3 руб. На одну тонну сортированного сланца это ляжет
3,36 коп.: $16,4 = 20,0 \text{ коп.}$ Нагрузка золы в вагонетку должна произ-
водиться автоматически, выгрузка же золы из вагонетки производится
тем же коногеном, который сопровождает лошадь и вагонетки.

Каждый котел обслуживается тремя лицами при оплате в 2 руб.
за день. Подвоз сланца потребует 2 человека по 1 р. 50 к. в смену.
Энергия на приведение в движение топочных и вспомогательных
механизмов требует 4 квт. ч. на тонну сланца и обойдется в 32
коп. на тонну, считая по 8 коп. за 1 квт. ч. Расход пара на рас-
пыление мазута = 7—8% и стоит 36,84 коп. при переводе на тонну
сланца.

Суммируя все расходы, имеем на тонну сланца:

1) Эксплуатационные расходы по вывозу золы	20,241 коп.	}	30,885 коп.
2) Амортизац. декавильки и вагон.	3,9910 »		
3) % на капит. затраты на декав. и вагонетки	6,6533 »	}	29,47 »
4) Амортизация топок	18,42 »		
5) % на капитал	11,05 »	}	24,56 »
6) Дополнительное обслуживание	—		
7) Подвоз сланца	—	}	12,28 »

Всего расходов на тонну сланца 97,1915 коп.

Если принять стоимость сланца в 4 руб. 29,8 коп. за тонну франко-
место добычи и стоимость сортировки сланца в 1 р. 47,36 к., полная
стоимость тонны сланца франко топка с обслуживанием на месте
добычи будет 4 р. 29,8 + 1 р. 47,36 к. + 97,19 коп. = 6 р. 74, 35 к.

Стоимость в Самаре на городской центральной электростанции
будет:

1) Стоимость сланца по вышеприведенным подсчетам	6 р. 74,35 к.
2) Транспорт Кашпир—Самара	1 » 22,8 »
3) Погрузка и разгруз. механизирован.	— 61,4 »
4) Раструска	— 17,2 »

Всего 8 р. 75,75 к.

Эквивалент сортированного сланца в переводе на мазут будет
 $\text{Эсл} = \frac{9800}{0,93 \times 2800} = 3,775$, принимая теплоиспользование сланца в 0,93 от
мазутного, имеем 3,775 тонны сланца могут заменить одну тонну ма-
зута при $Q_p = 2800 \text{ ккал. кг.}$

При этом эквиваленте конкурентноспособная цена на мазут в
Самаре будет в 34 р. 54,2 к. за тонну. В 1925 г., когда проводились
опыты по сжиганию сланца, цена на мазут в Самаре была 32 р. 23,5 к.
франко-резервуар электростанция.

Если принять во внимание все обстоятельства и уточнения, могу-
щие снизить стоимость тонны сланца франко-топка и использование

зола в качестве стройматериалов, то в конечном результате эквивалентная стоимость тонны мазута будет 27 р. 53 к. и несколько ниже, при введении полной механизации всех процессов.

Учитывая то обстоятельство, что сланцу может быть конкурентом только донуголь и ни в коем случае не мазут, так как мазут, как топливо постепенно сходит с топливного рынка, поэтому сравнение необходимо вести не с мазутом, а с каменноугольным топливом, стоимость которого в Средневолжском крае выражается в среднем в 27 руб. за тонну.

Инж. Цванцигер приводит конкурентные цены для мазута при сопоставлении с различными сортами сланца в основных пунктах потребления сланца в копейках за пуд:

Таблица 28

Сорта сланца	Эквивалент мазута	Самара		Сызрань		Кашпир	
		Цена сланца	Цена мазута	Цена сланца	Цена мазута	Цена сланца	Цена мазута
А. 3400 кал/кг.	3,1	15,04	46,5	13,54	42,0	12,04	37,2
Б. 2800 » »	3,775	14,04	53,0	12,54	47,5	11,04	41,6
В. 2350 рядовой	4,5	11,96	53,8	10,46	47,2	8,96	40,5
Г. 2200 кал/кг.	4,8	13,04	62,5	11,54	55,2	9,94	47,8
Д. 1600 отк. от сорт.	6,15			8,5	52,0	7,00	43,0

Отсюда видно, что при вышеуказанной стоимости сланца и других расходов сланец только марки А и Б является конкурентоспособным с мазутом в Самаре. При изменении цен на сланец и расходы, соотношение соответствующим образом изменится.

На рис. 15-а приведена сланцевая топка системы Каблица, но переконструированная научно-исследовательским сланцевым институтом (НИСИС'ом). Эта топка установлена в котельной электростанции Кашпирского сланцеперерабатывающего завода. Чтобы иметь возможность сжигать сланец с большой влажностью (от 15 до 22% влажности) при топке установлена подсушивающая шахта 2 с предтопком 5. Если сжигается сухой сланец, то необходимо шахту убрать, выключить из действия, или заложить очелки, чтобы не создавать очагов горения, так как при наличии шахты сланец будет развивать горение в шахте, чем нарушается весь процесс горения сланца на колосниковой решетке.

Указанная топка имеет фасонные колосники, приводимые в движение посредством подвижной рамы, благодаря которой достигается поступательное и толчкообразное движение колосников. Колосники установлены наклонно и горизонтально, первые — подвижные, а вторые — горизонтальные — неподвижные. Все колосники сгруппированы в 5 секций, из которых последняя горизонтальная.

Как видно из чертежа, сланец, загруженный в бункер 1, поступает в подсушивающую наклонную шахту 2, снабженную шибром 3 для регулирования количества подаваемого в нижнюю шахту сланца.

Наклонная шахта имеет большое открытое зеркало подсушки, расположенное под верхним наклонным сводом 4.

Температура верхнего свода поддерживается от сжигания летучих, выделяющихся в вертикальной шахте 5 и в особенности вдоль раскаленной стенки 6.

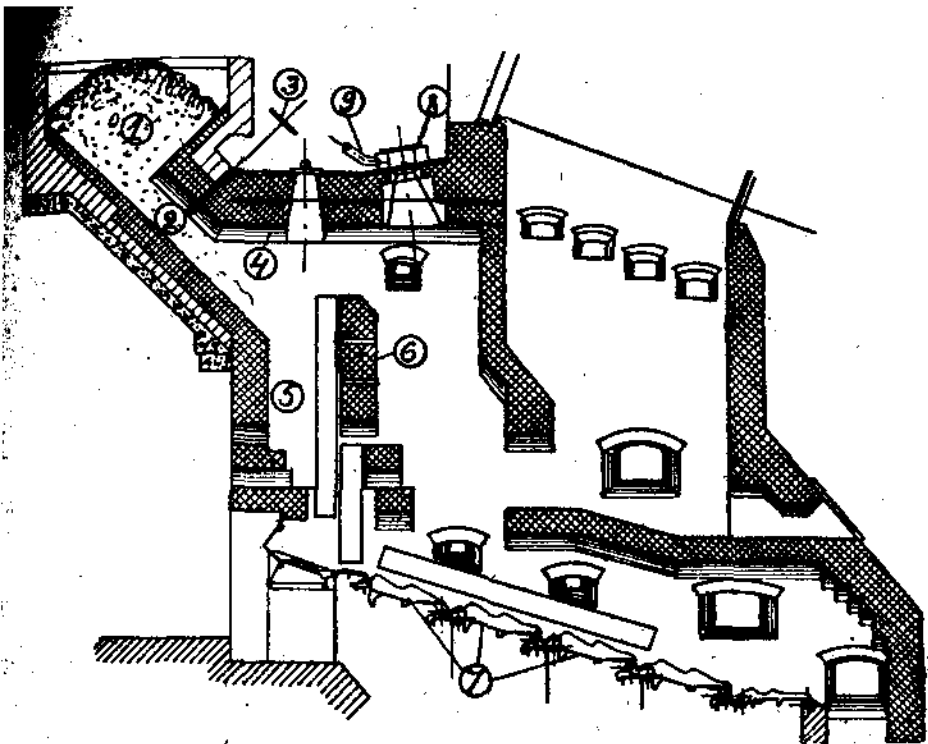


Рис. 15-а. Топка «НИСИС»—Каблица

1. Бункер. 2. Шахта подсушки. 3. Регулирующ. шибер. 4. Свод топки. 5. Шахта швелования. 6. Вертикальн. стенка. 7. Наклонные колосники. 8. Горелка для мелочи. 9. Газовая горелка.

Подсушенный в наклонной шахте сланец сползает в вертикальную шахту, где окончательно подсушивается и сгорается и затем поступает на наклонные колосники 7, где происходит уже полное сгорание сланца.

В верхнем своде над камерой сжигания находится горелка 3 для сжигания во взвешенном состоянии сланцевой пыли, предварительно раздробленной и подсушенной, и газовая горелка 9, к которой подводится газ, получающийся при перегонке сланца.

7. Топки с подвижными колосниками

Имеются полные предпосылки к тому, чтобы на ряде механических переталкивающих колосниковых решеток сланец можно было сжигать под котлами мощностью от 60 до 250 кв. м. Топки эти следующие:

а) Топка РЭТ₄. На рис. 16 изображена переконструированная Всесоюзным теплотехническим институтом топка системы Зейбот. Вся колосниковая решетка состоит из 4 секций, имеющих вполне самостоятельное движение от тяг а, б, в, г. Эти тяги приводятся в движение от мотора, не указанного на рисунке, и коробки скоростей А. Благодаря самостоятельным приводам и наличию коробки скоростей каж-

дой секции можно дать самостоятельную скорость движения. У третьей и четвертой секции все колосники движутся, а у второй и третьей — движение колосников происходит через один. Так, например, у первой секции первый колосник подвижный, а второй неподвижный

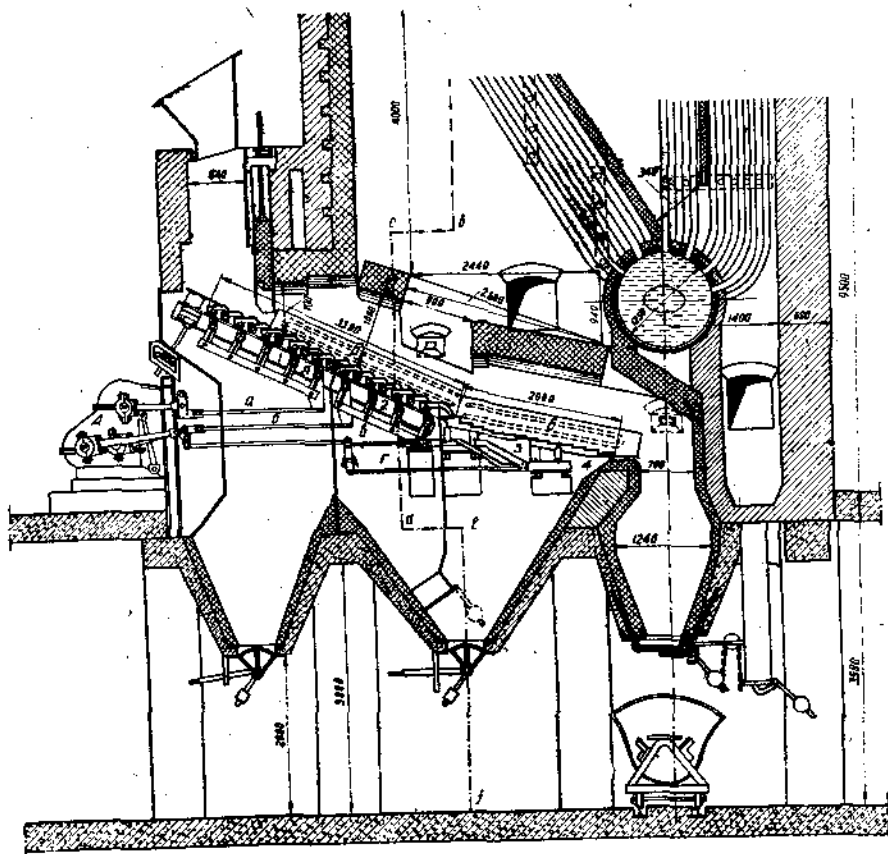


Рис. 16-а. Механическая топка РЭТ.

и т. д. Механизм, приводящий в движение отдельные колосники и целые секции, ясно виден и понятен из рисунка, поэтому в пояснениях не нуждается. Воздух, необходимый для горения топлива, поступает через отверстия, сделанные в колосниках, и подается посекционно. Для предотвращения прилипания шлаков топлива к боковым стенкам топки в боках топки сделаны чугунные панели Б, в которых имеются водяные трубки, по последним циркулирует холодная вода.

Сбор провала топлива из отдельных секций ясен из рисунка.

На рисунке 16-б представлена также топка, но с открытым топочным пространством. Это сделано ВТИ на предмет отдачи тепла горячего слоя водяным трубкам. Опыты, проведенные в 1933 году на Калужской ГЭС на топке РЭТ показали полную возможность сжигания сланца на ней, но напряжение колосниковой решетки не должно превосходить предела 500 кило калор. на квадрат. метр в час. При превышении этого предела сланец начинает сильно шлаковаться.

б) Топка проф. Ставровского, указанная на рис. 17, имеет ряд чередующихся подвижных и неподвижных колосников. Колосники этой топки показаны в разных положениях (на рисунке эти положения оттенены сплошными штрихами и пунктиром).

Благодаря такой большой амплитуде движения отдельных колосников, топливо на этой топке не только имеет движение вперед, но происходит полное перемешивание верхних горящих слоев с нижними слоями топлива и выпирание нижних слоев наверх. Колосники № 3 подвижные, а № 4—неподвижные. Мотыл, приводящий в движение отдельные колосники, имеет ломанный вид и обозначен в одном положении 1,1 и в другом, пунктиром,—II,II.

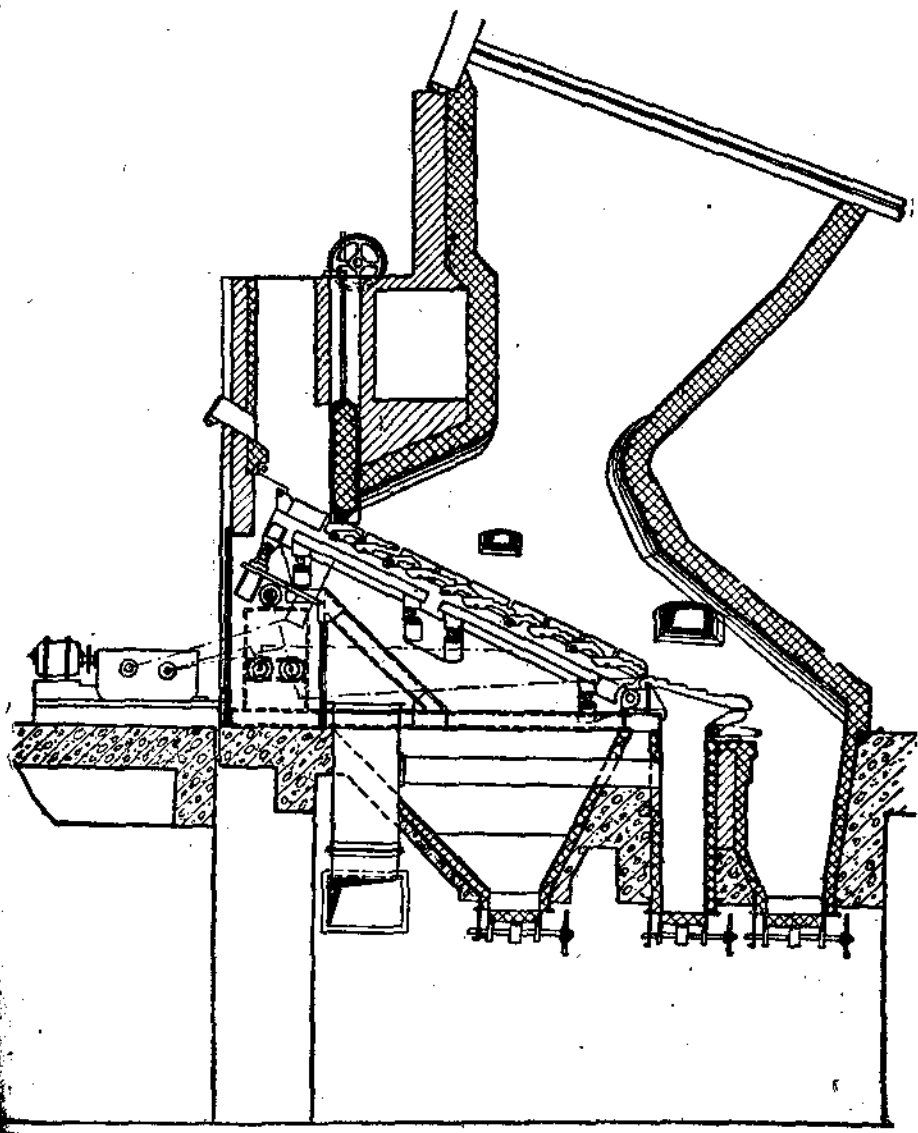


Рис. 16-б. Механическая топка с открытым сводом

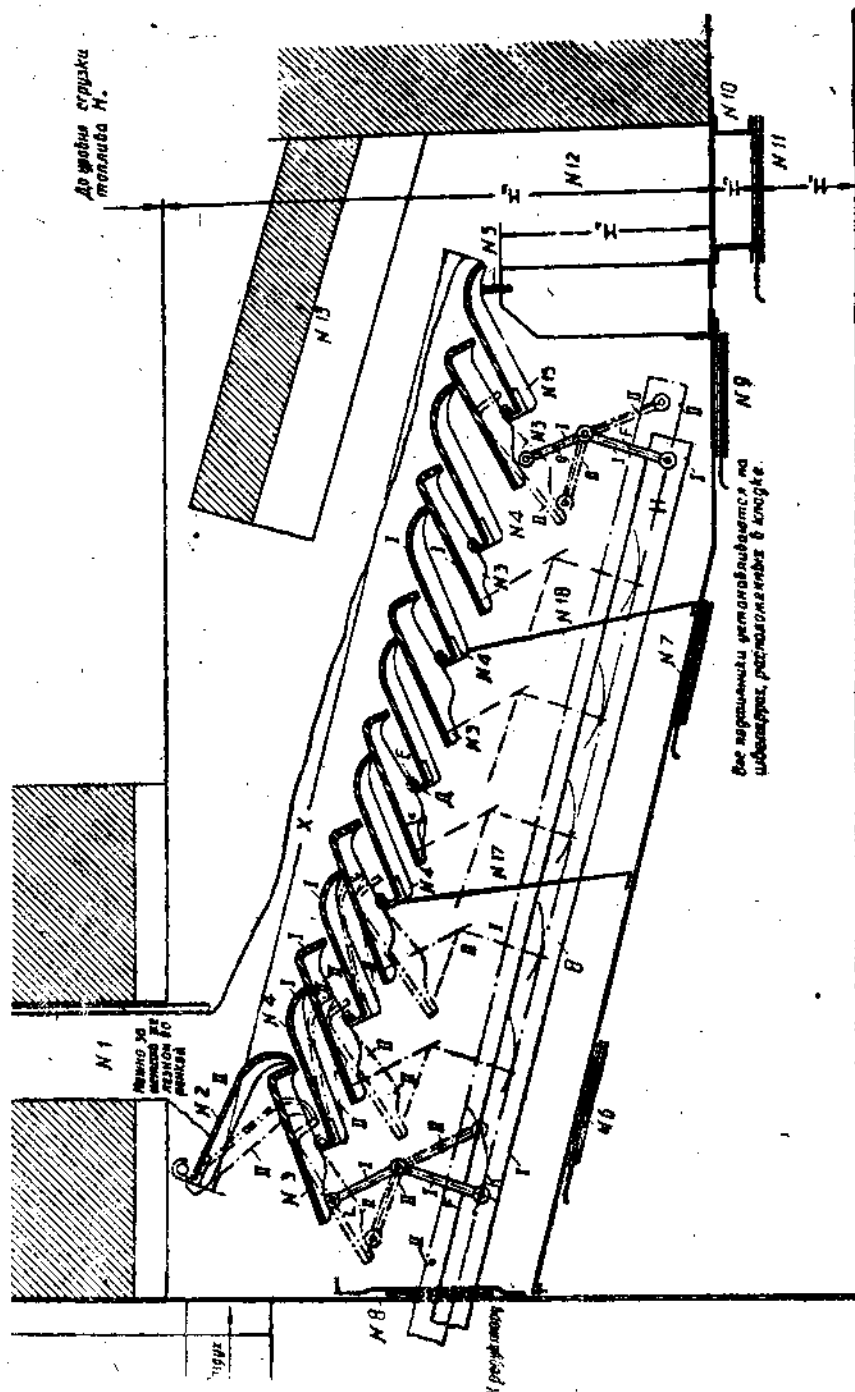


Рис. 17. Механическая топка проф. Ставровского

Подача воздуха происходит по-секционно, а в топку воздух проходит через отверстия, сделанные в колосниках.

в) Топка Плуто-Стокер имеет качающиеся колосники. Эти колосники имеют своеобразную полу корытообразную форму, как это указано

на рис. 18. Наверху между колосниками имеются прозоры, ясно видные на рис. 19. Через эти прозоры проходит воздух, необходимый для горения топлива. Воздух вдувается непосредственно в полую часть колосника. Каждый колосник укладывается не поперек топки, а вдоль. Движение колосников происходит так, что один движется сверху вниз, а два, расположенные рядом по бокам, имеют в это время обратное движение, т. е. двигаются снизу вверх. Движение колосников производится особым механизмом, легко регулируемым. Толщина слоя топлива устанавливается задвижкой Д, а толкач С продвигает топливо на движущиеся колосники А. Догорание топлива происходит на обыкновенных колосниках Е.

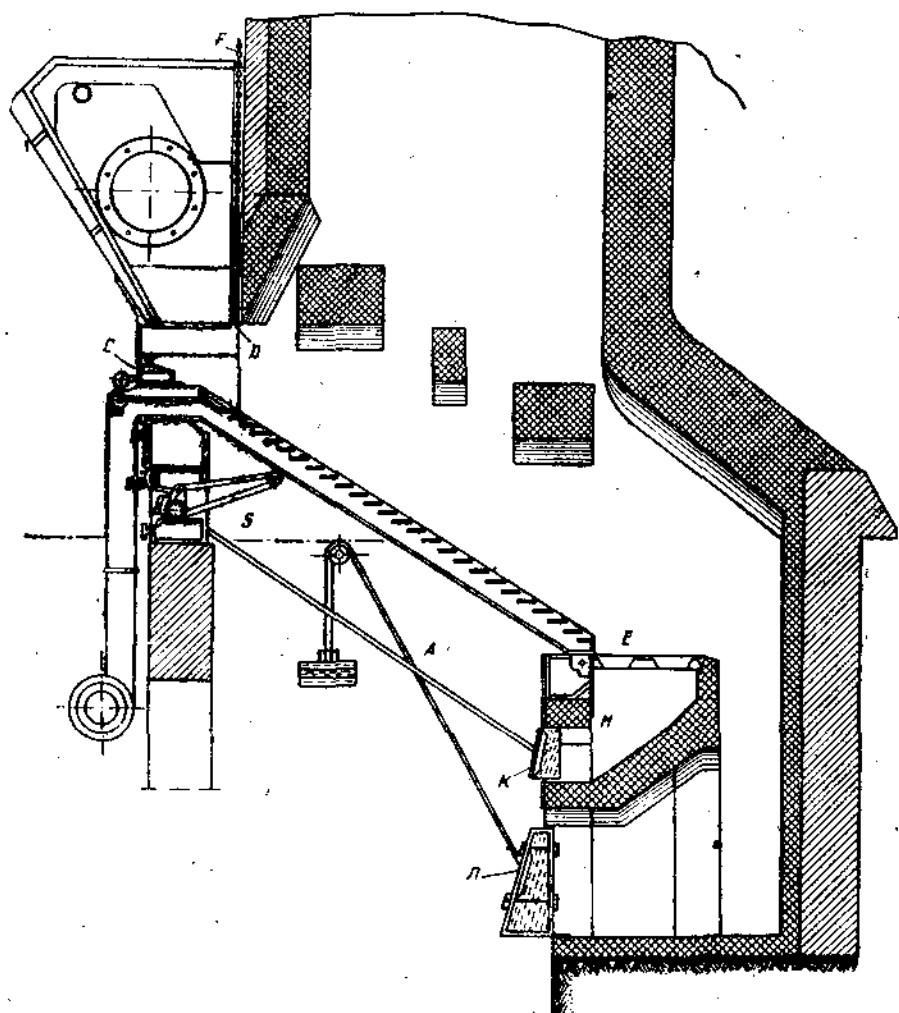


Рис. 18. Топка Плуто-Стокер с качающимися колосниками

г) Топка Мартена или так называемая каскадная топка, акционерного общества «Везувийо» зарекомендовала себя на опытах и в эксплуатации мусоросжигательных установок. Конструкция топки приведена на рис. 20.

В этой топке топливо помещается в чаше, дно которой образовано площадью решетки, по бокам топки установлены чугунные полые плиты-панели, через которые пропускается или холодный воздух, идущий потом в подогретом виде в топку, или панели охлаждаются проточной холодной водой. Панели не допускают прилипания шлаков к стенкам топки, а также охлаждают сползающую на низ расплавленную часть обмуровки, не давая ей натекасть на топливо.

Дно топки, или так называемая колосниковая решетка, состоит из движущихся и неподвижных ступеней. Движущиеся колосники-ступени расположены через каждый один неподвижный колосник. При этом неподвижные колосники высоко подняты и через них топливо каскадно перекидывается при возвратно-поступательном движении подвижных колосников. Благодаря этому происходит тщательное перемешивание верхних слоев топлива с нижними, отчего горящие части топлива, находящегося наверху, попадают на низ и весь слой топлива горит, что особенно важно для сланцевого топлива.

В противоположность известным до настоящего времени конструкциям топок каскадная топка имеет уклон не от загрузочного отверстия к порогу топки, а обратно, т. е. имеет подъем от загрузочного окна к порогу с углом подъема около $10-30^\circ$. Каскадная топка строится исключительно с вентиляторным дутьем, в ней сжигается мусор с калорийностью от 1050 до 1590 кал/кг, имея тепловое напряжение колосниковой решетки от 800 до 1000 кило-калор. Каскадная решетка зарекомендовала себя при сжигании низкокалорийного и высокозольного минерального топлива, сжигая топливо с влажностью от 20 до 40% при зольности от 58 до 40% и калорийности от 1065 до 1500 кал/кг. Каскадная топка должна занять соответствующее положение.

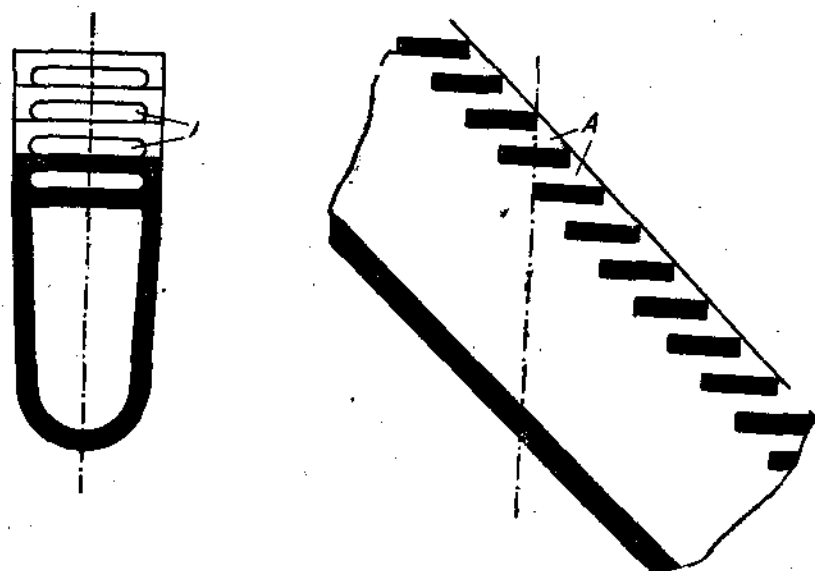


Рис. 19. Отдельный колосник топки Плуто-Стокер. Колосник чугунный, пустотелый, сверху имеет отверстие А для прохода воздуха

в сжигании высокозольного сланца, тем более, что эта топка при своей установке не требует большого углубления вниз под котел.

На рис. 20 указано устройство топки, где А—шнек, подающий топливо; отсюда топливо падает на предтопок В, далее топливо поступает на подвижный колосник Д, а с него топливо переходит на неподвижный колосник С. Под влиянием движения колосника Д топливо переваливается через неподвижный колосник С, попадая вновь на следующий подвижный колосник Д и т. д. Ф—привод для движения колосников; Ж—шибер для регулирования высоты слоя на колосниковой решетке, чем выше поднят шибер, тем толще слой на решетке и обратно; Н—шлаковая воронка, Л—зажигательный решетчатый

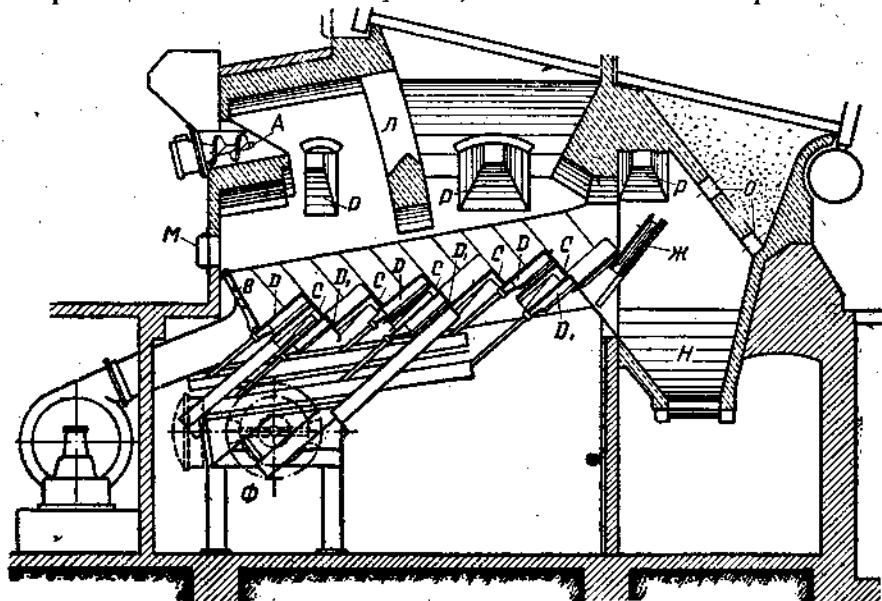


Рис. 20. Механическая топка Мартина—каскадная топка

вод для зажигания газов; М—топочная дверка, Р—гляделки; через отверстия О можно удалить унос, осевший на дне второго дымохода котла.

Если каскадную решетку установить горизонтально, то различные слои топлива не будут перемешиваться между собою, а будут иметь послойное движение вперед, отчего не будет полного выгорания многозольного топлива.

Регулируя уклон установки топочной колосниковой решетки и различный подъем шибера Ж, установленного для регулирования высоты слоя топлива на решетке, легко можно достигнуть различных скоростей и перемешивания топлива во время его горения.

На рис. 21 показана решетка с наклоном в 15° , она имеет высокий подъем шибера Ж; здесь топливо перемешивается и остается на одном месте, а отчасти идет обратно.

На рис. 22 решетка имеет уклон 10° , а шибер Ж сильно опущен; при

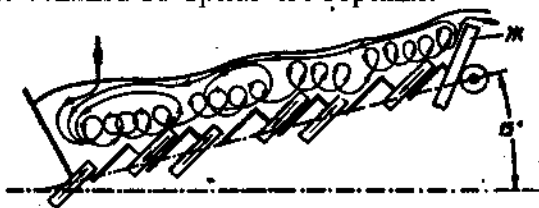


Рис. 21. Схема переталкивания топлива на каскадной топке при наклоне колосниковой решетки под углом в 15° и высоком подъеме шибера Ж. Топливо переталкивается на месте и отчасти идет обратно

таком положении топливо сильно переталкивается и идет быстрая подача топлива в сторону выхода шлака.

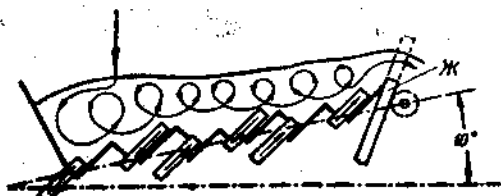


Рис. 22. Схема переталкивания топлива на каскадной топке при наклоне колосниковой решетки под углом в 10° и малом наклоне шиберов Ж. Топливо сильно переталкивается и быстро идет к шиберу Ж, выходя в шахту № 1

Увеличивая подъем топки до 30° и сильно поднимая шибер Ж, можно достигнуть того, что топливо все время будет перемешиваться, не переваливаясь через шибер Ж.

Чтобы эту топку приспособить для сжигания сланца, необходимо изменить расположение сводов, отделяющих топочное пространство от собственной топки.

8. Топка проф. Ломшакова

Для сжигания эстонских сланцев проф. Ломшаковым сконструирована топка, указанная на рис. 23. Эта топка имеет поочередно расположенные подвижные и неподвижные колосники, последние представляют собою чугунные плиты, уложенные поперек топки. В колосниках-плитах имеются эллипсообразные отверстия, через которые проходит воздух, необходимый для горения сланца. Подвижные колосники а покоятся на раме Б, последняя лежит на роликах В. Подвижная рама имеет возвратно-поступательное движение, двигаясь при этом по неподвижной раме Г.

Неподвижные колосники К также покоятся на неподвижной раме Г. Подвижная рама при своем движении назад и вперед приводит в движение подвижные колосники, которые имеют то же движение, что и подвижная рама.

Подвижная рама приводится в движение от мотора. Для регулирования скорости движения этой рамы устанавливается особое приспособление или коробка скоростей.

Сланец, попадая в бункер Д, под влиянием силы тяжести сползает на установленные внизу колосниковые чугунные плиты и помощью подвижных колосников а сланец переталкивает

вперед и постепенно переходит с передней части колосниковой решетки на заднюю, а отсюда на вращающийся полый барабан Е, с

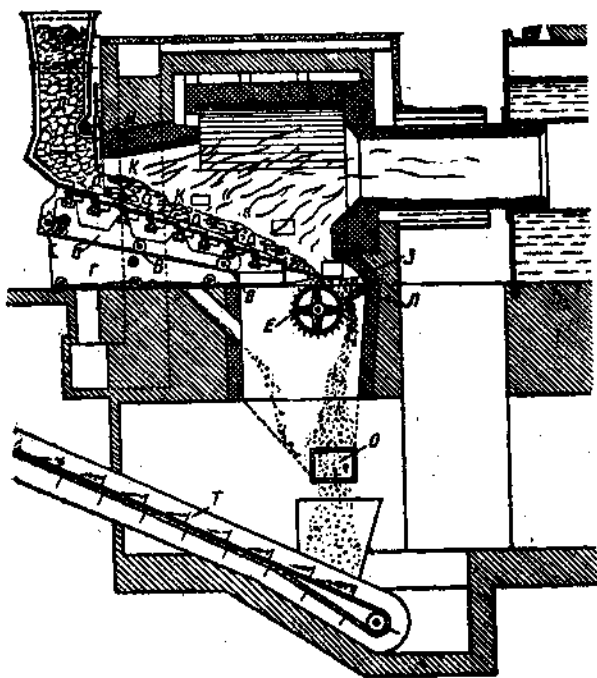


Рис. 23. Механическая топка проф. Ломшакова для сжигания эстонских сланцев

которого сланец падает на транспортер Т. При своем падении сланец охлаждается воздухом, который поступает в зольную часть через отверстие О.

Толщина сланцевого слоя регулируется заслонкой И. Между полым валом Е и задней стеной устанавливается вращающаяся чугунная заслонка Л, которая создает шлаковый затвор З и тем предотвращает свободный проход воздуха из зольного пространства в топку. Благодаря подвижности заслонки Л можно создать шлаковый затвор различных размеров.

Конструкция этой топки зарекомендовала себя на протяжении нескольких лет работы по сжиганию эстонских сланцев.

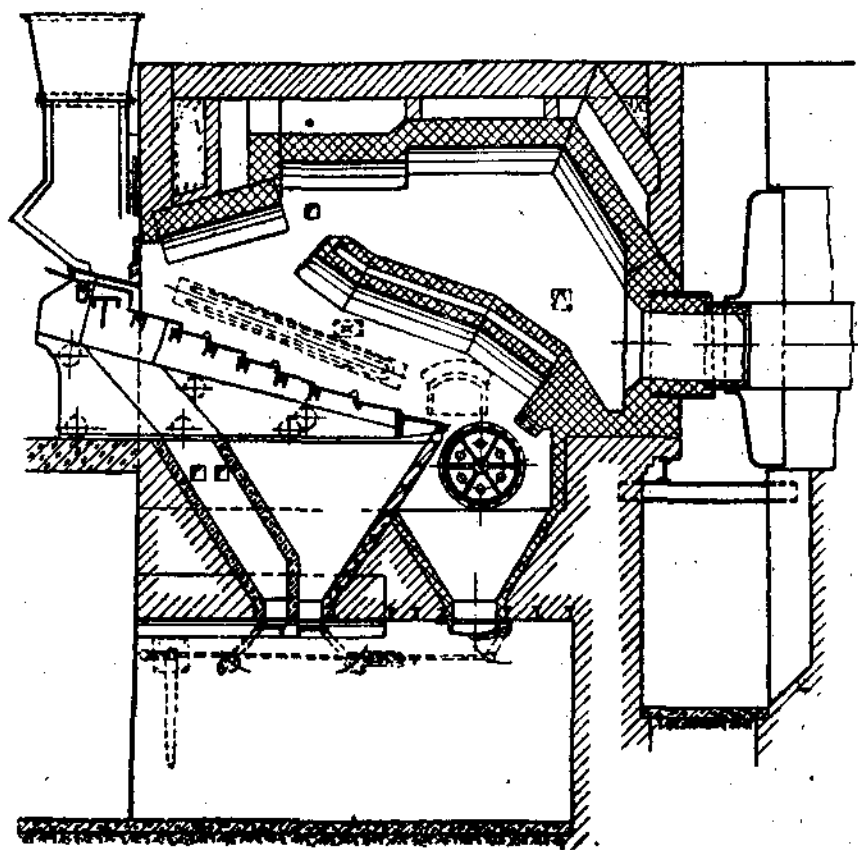


Рис. 24. Топка типа Ломшакова, приспособленная для сжигания кашпирского сланца

Эта топка в несколько измененном виде, указанном на рисунке 24, была применена для сжигания кашпирского сланца, но в виду его большой зольности и легкости зольной части при проведении опытов сжигания сланца оказалось, что полного выжигания полукокса и кокса произвести нельзя. Кроме того в виду открытого топочного пространства развивающаяся высокая температура в топочном пространстве непосредственно действует на слой топлива, отчего минеральная часть сланца плавится, сланец покрывается тонким слоем расплавленного стекла и топка постепенно затухает, а полый барабан, установленный в конце топки, заливается шлаком.

В этой точке введен толкач Т, а для удаления провала из разных мест устроены особые отводы. При желании получить провалившийся сланец отдельно из-под каждой части решетки можно его собрать особо. Кроме того установлена чугунная панель А с протоком через нее холодной воды.

Чтобы иметь возможность на тонке типа Ломшакова сжигать волжский кашпирский сланец с полным выжигом горючей части из полукоска и коска сланца, а также предотвратить плавление сланца, необходимо было произвести некоторое переконструирование и сделать дополнение к этой тонке.

На рис. 25 представлено это видоизменение топки Ломпакова. Переконструирование произведено Поволжским отделением Всесоюзного теплотехнического института в Самаре. Изменение коснулось устройства свода над колосниковой решеткой, а в основном произведено устройство дожигательной решетки и толкача, установленных у задней стенки топки, что видно из рис. 25. Кроме того барабан

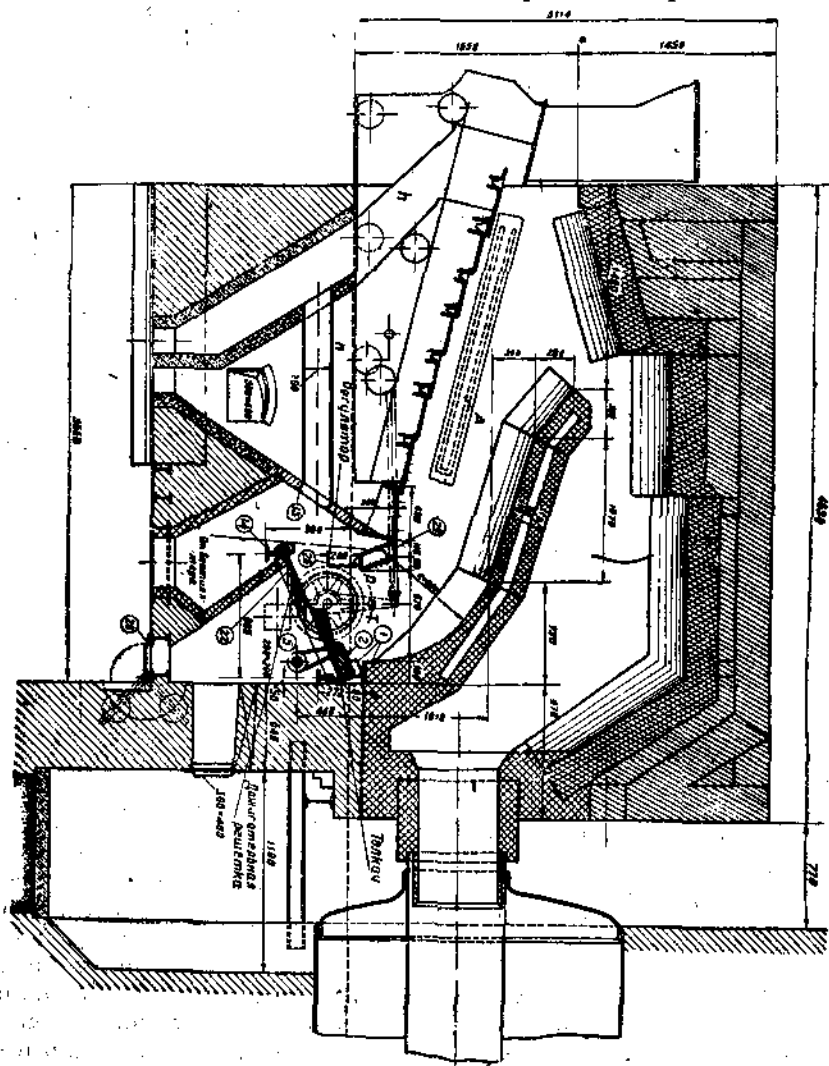


Рис. 25. Топка Ломшаква, перестроенная ГЮВТИ и приспособленная для сжигания кашмирского сланца вместо барабана, поставлена ложательная решетка Р с толчком Т.

совсем выкинут, как ненужный при сжигании волюжских сланцев. Движение верхней решетки и толкача производится мотором; воздух подается от специально установленного вентилятора и идет в топку по-секционно.

Установленный в топочном пространстве свод разделяет все топочное пространство на две части и в то-же время отделяет слой топлива от высокой температуры топочного пространства. Благодаря подводу большего количества воздуха в заднюю часть решетки температура горящего слоя сланца понижается и исключается возможность шлакования горящего слоя сланца. Кроме того свод дает возможность направить горячие газы вместе с избытком воздуха к свежему только что заброшенному холодному слою сланца, что ускоряет его подсушку. Благодаря такой переделке явилась возможность избежать шлакования сланца, сделать хорошее смешение горючих газов и воздуха, уменьшить потерю от химической неполноты горения и выжечь воду. В таком виде эта топка работает в Самаре.

Эта топка зарекомендовала себя в работе на протяжении многих месяцев работы.

Парадные испытания этой топки дали следующие показатели по сжиганию кашпирского сланца.

Таблица 29.

Общие показатели

Дата	4 ноября 1932 г.
Рабочая калорийность топлива	1890 кал. (кг.)
Калорийность абсолютно сухого сланца	2564 » »
Влажность топлива	19,2% » »
Зольность сланца	53,8% » »

тепловой баланс

1) Исполнено котлом и пароперегревателем	58,96%
2) Потеря с уходящими в трубу газами	17,20%
3) Потеря от химической неполноты горения	2,44%
4) Потеря от механической неполноты горения:	
а) в шлаках	1,57%
б) с провалом	5,23%
в) с уносом	не определено

ВСЕГО от механической неполноты горения 9,1,9%

5) Потеря в окружающую среду и невязка	9,88%
6) Потеря тепла с выгребом раскален. шлака	2,20%
7) Потеря в воде, которая охлаждает панели, установленные в топке	2,42%

Всего 100,0% ;

А. Потребная мощность мотора у вентилятора

Средняя	1,52 квт.
Максимальная	1,68 »

Б. Потребная мощность мотора, приводящего

в движение механизмы топки—средняя	0,60 »
максимальная	0,90 »

9. Топки конструкции поволжского отделения всесоюзного теплотехнического института (ПОВТИ)

ПОВТИ дало несколько типов сланцевых топок как для ручного обслуживания, так и с полумеханическим устройством. Все они большею

частью установлены и в эксплуатации дали некоторые положительные тепловые результаты, но зола на них не получается тех качеств, которые к ней предъявляют для изготовления стройматериалов.

В основу конструкций сланцевых топок ПОВТИ легли следующие основные свойства сланца:

1. Органическая масса сланца состоит почти исключительно из летучих, которые легко могут быть удалены из сланца и сожжены отдельно от сланцевой массы, не подвергая последнюю опасности шлакования или расплавления от высокой температуры, развивающейся при горении летучих сланца.

2. Небольшой остаток нелетучего углерода в сланцевом коксе. Этот углерод распылен в массе легкоплавкой золы, которая в 10—15 раз превышает его по количеству, этот углерод требует для своего сгорания особых условий, а именно: продолжительного времени для выгорания углерода, непрерывного перемешивания и подвода увеличенного количества воздуха, чтобы этим предотвратить развитие в слое сланца высоких температур.

3. В результате полного выжига горючей части сланца получается огромная масса раскаленной золы при температуре 600—700° С, которая перед отвалом в вагонетку или какое-либо другое транспортное устройство должна быть охлаждена в предотвращение тех осложнений, которые встречаются при транспортировании золы от топки к золохранилищу.

Охлаждения золы можно достигнуть за счет подогрева воздуха, идущего в топку для сжигания сланца.

Осуществление вышеуказанных условий и легло в основу проектирования топок ПОВТИ. Причем топки ПОВТИ малой мощности, уже смонтированные в котельных установках, ныне имеют вполне положительные результаты, но топки Т—IV и Т—VII до сих пор пока не дали положительных результатов и требуют своей реконструкции.

Ниже приведено описание некоторых типов топок ПОВТИ.

а) Ручная топка изображена на рис. 26. Эта топка состоит из обыкновенной, горизонтально расположенной колосниковой решетки А, не доходящей до задней стенки топочной камеры, а также дожигательной решетки Б, которая расположена у задней стенки под провалом и средней частью основной решетки.

Сланец забрасывается вручную через загрузочную дверку В, расположенную над решеткой в передней стенке топочной камеры. Под загрузочной дверкой над основной решеткой имеется арка Д, через которую производится шуровка слоя через шуровочное окно Г.

Через шуровочное окно можно пройти шуровкой как по основной, так и по дожигательной решетке.

Горение сланца ведется на толстой зольной постели примерно в 300—400 мм высотой, образуемой постепенно накапливанием забрасываемого топлива. Спекание в слое предотвращается шуровкой через шлаковое окно и отверстие под аркой над колосниками при закрытой загрузочной дверке.

Когда слой достигает предельной величины, размеры которой зависят главным образом от условий тяги, через зольную дверку сбрасывается содержимое с дожигательной решетки в зольник, на дне которого находится зольный ящик или вагонетка К, после чего открывается загрузочная дверка, с помощью коcherги сбрасывается задняя часть слоя через провал на нижние колосники и немедленно

распуровывается остаток слоя по всей длине верхней решетки. Далее загрузочная дверка закрывается и через шуровочную дверку распуровывается провал на дожигательной решетке.

Продукты горения топочной камеры направляются под действием силы тяги к газовому окну О, расположенному сбоку топочного пространства. За газовым окном в жаровой трубе выкладывается вторая камера — камера дожигания, в которой происходит дожигание летучих, т. е. углеводородов и окиси углерода, а также газов, не сгоревших в первой камере.

Опыт показывает, что в этой топке при хорошем обслуживании можно достигнуть такого же напряжения, как при сжигании высокоценных сортов топлива, а также непрерывной бесперебойной работы, получая при этом высокий коэффициент полезного действия и средний выжиг золы.

Эта топка ПОВТИ ограничена в своем применении, так как пригодна только для котлов небольшой мощности, вследствие трудностей в обслуживании вручную больших колосниковых решеток. Эта топка не может быть рекомендована в том случае, если размеры решетки превышают 1,5 кв. м.

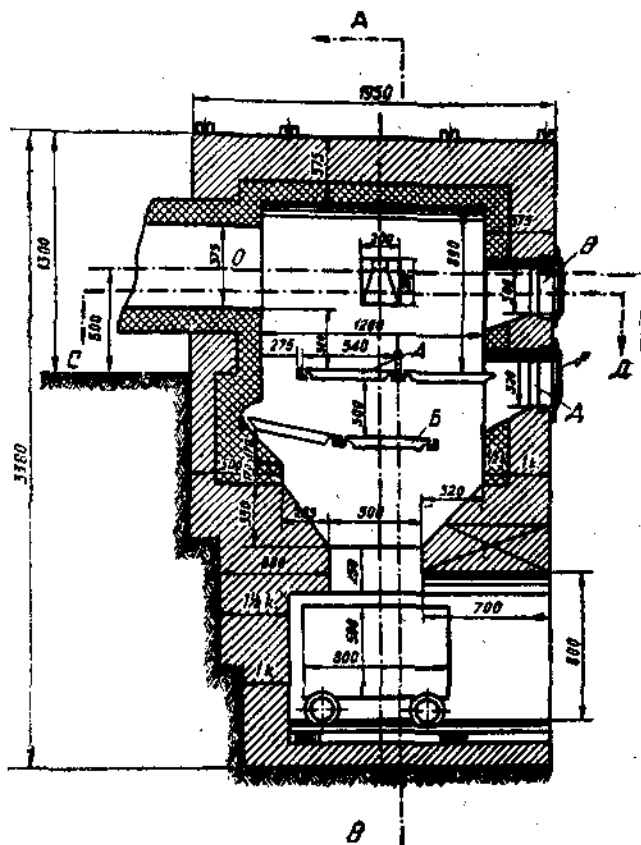


Рис. 26. Ручная сланцевая топка ПОВТИ. А—основная колосниковая решетка; Б—дожигательная колосниковая решетка

Таблица 30.

Испытания топки ПОВТИ т. I дали следующие показатели:

1. Местоорождение сланца	Кашпирское.
2. Калорийность на абсолютно-сухую навеску	2398 кал./кг.
3. Зольность на абсолютно-сухую навеску	56,46%
4. Влажность	18%
5. Видимое тепловое напряжение топочного пространства в килс-калор. на кубометр в час	251,1 к. к (кбм) час.

6. Видимое тепловое напряжение колосниковой решетки кгp. на кв. метр в час	240,0 кгp.
7. Видимое тепловое напряжение зеркала горения в килокалор. на кв. метр в час	200,0 к. к. кв. м/час.
8. Коэф. избытка воздуха за котлом	1,68 .
9. Тепловой баланс:	
а) коэффициент полезного действия котельной установки (использ. котлом)	54%
б) потери в трубу с охлаждающими газами	19,56%
в) потери от химической неполноты горения	6,75%
г) потери от механической неполноты горения от провала и уноса	2,86%
д) со шлаками	2,78%
е) от лучеиспускания	8%
ж) невязка	6,06%
Всего	100%

Необходимо отметить, что в монтаже этой конструкции топки имеются некоторые существенные дефекты, выражающиеся в отсутствии сводиков, смешивающих горючие газы с воздухом, вводимым для горения газов.

В этой топке факел горения расположен в верхней части камеры, то есть в том месте, где берут начало дымоходы, благодаря чему огневой факел заполняет верхнюю часть камеры и не имеет тщательного перемешивания газов с воздухом, от этого имеется наличие параллельных токов воздуха и горючих газов, большой избыток воздуха за котлом $\alpha=1,68$ и большой процент химической неполноты горения $q_3=6,75\%$, вместо нормальных 1—3%.

В целях предотвращения параллельных токов воздуха и горючих газов, необходимо предусмотреть смесительные сводики.

Благодаря отсутствию смесительных сводиков в топочном пространстве так же и у механических топков ПОВТИ (Т—II, Т—III, Т—IV и Т—VII) имеется большой избыток воздуха, сравнительно с другими топками большой процент потери от химической неполноты горения, а также наблюдаются параллельные потоки горючих газов и воздуха, отчего уменьшается процент полезной утилизации теплоты котлов, т. е. получается меньший коэффициент полезного действия котла.

б) Механические топки ПОВТИ: топка типа Т—VII

На рис. 27 представлена механическая сланцевая топка типа Т—VII, спроектированная ПОВТИ для жаротрубного котла с поверхностью нагрева в 100 кв. м. В бункер I загружается сланец, который самотеком сползает на чугунную плиту 12, а затем переходит на колосниковую решетку 16, с которой сланец спадает на другую, более пологую колосниковую решетку 23; так как на этой пологой колосниковой решетке сланец сам не сползает, поэтому его продвигают толкачом 21, приводимым в движение масляным приводом через мотыль 52.

С пологой решетки сланец поступает на горизонтальную решетку 25, с которой он помощью толкача 24 сталкивается в шахту В, где он попадает на два вальца 27, приводимых в движение масляным приводом, не показанным на рисунке.

Вальцы, двигаясь в противоположных направлениях, как это указано стрелками, размалывают золу и шлаки сланца, которые, пройдя вальцы, падают в подставленную вагонетку. Толщина слоя

на крутонаклонной чугунной плите регулируется заслонкой 10, которая имеет вертикальное движение.

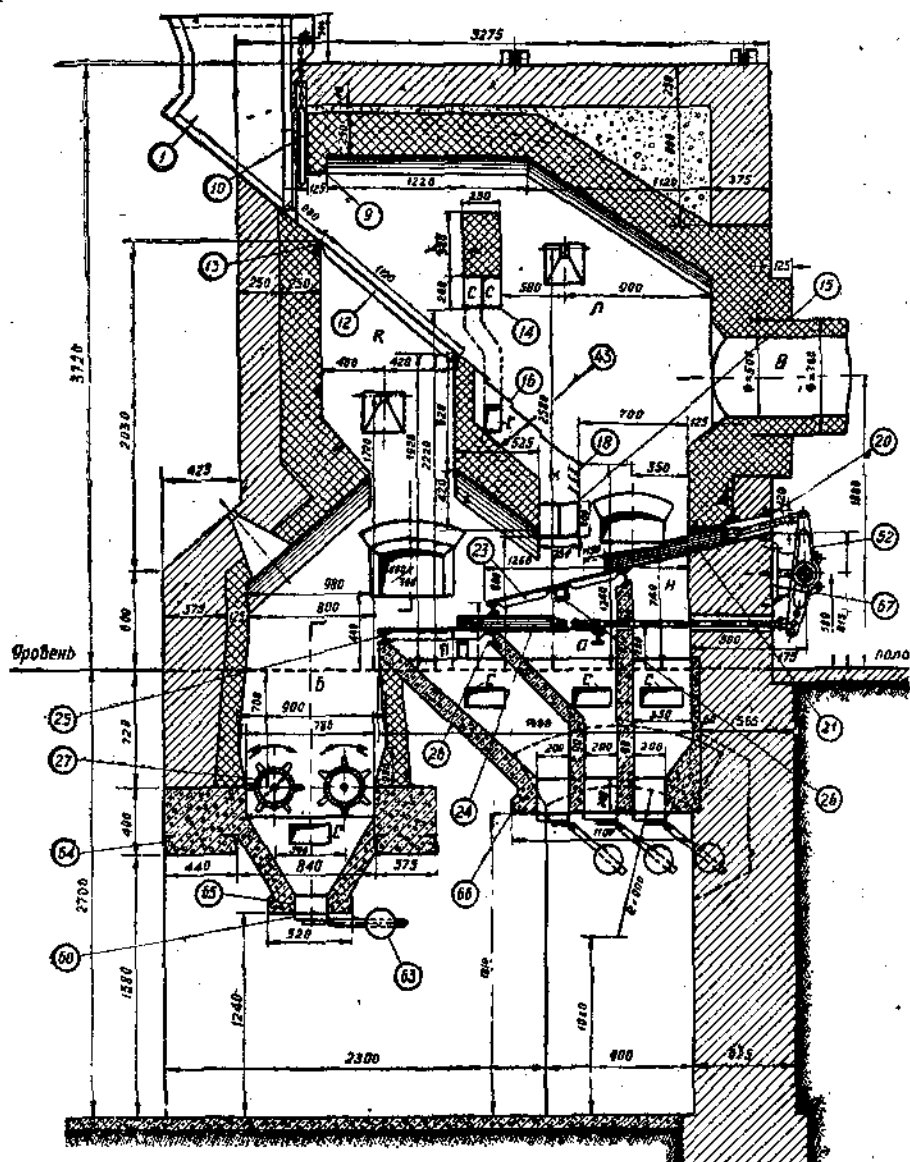


Рис. 27. Механическая сланцевая топка ПОВТИ Т-VII с масляным приводом, приводящим в движение топку и с движущимися вальцами.

Процесс горения заключается в следующем: сланец, попадая из бункера на чугунную плиту 12, нагревается и выделяет влагу и частично летучие горючие.

Чугунная плита обогревается снизу через шахту К, расположенную под плитой, а сверху тепло передается от раскаленных сводов камеры горения Л. Таким образом сланец, попавший на чугунную плиту, обогревается сверху и снизу. Подсушенный и частью выделив-

ший горючие летучие, сланец поступает на колосниковую решетку 16, на которой окончательно выделяются горючие летучие и получившийся полукокс падает на малонаклонную решетку 23.

Колосниковая решетка 16 сверху обогревается сводами топочного пространства Л, а снизу дымовыми газами, проходящими через пространство М. Плита 12 имеет небольшие отверстия, а колосниковая решетка 16 имеет прозоры, если через нее происходит провал сланца, то провалившаяся часть, скользя по кирпичному своду 43, спадает в пространство М, а оттуда попадает на решетку 23.

Провал с решетки 23 и 25 удаляется через шахты Н, О и П, удаление провала здесь производится отдельно из каждой шахты, так как топливо имеет разное количество несгоревших частиц.

По провалу судят о процессе горения по проценту несгоревшего топлива на решетке 23 и 25. На решетке 23 полукокс выгорает и превращается в кокс, который догорает на горизонтальной решетке 25 и в шахте Б.

Приток воздуха идет от вентилятора через воздухопроводы С, расположенные в шахтах, под колосниковыми решетками и в топочном пространстве Л, в котором происходит процесс смешения газов и частичное их сгорание.

Отсюда дымовые газы поступают в жаровую трубу В парового котла. Эта труба является камерой полного сгорания горючих газов. Здесь должно полностью закончиться горение газов.

Обслуживание топки заключается в том:

1) чтобы слой сланца, поступающего из бункера на чугунную плиту, вполне отвечал работе топки, а именно: а) при форсированной работе топки слой топлива должен быть больших размеров, в противном случае на круто наклонной и мало наклонной колосниковой решетке будут прогары, через которые будет поступать в большом избытке холодный воздух, последний нарушит правильность процесса горения, б) при слабой работе топки необходимо пустить малый слой топлива, чтобы не произошло завала колосниковых решеток, так как при завалах топка сначала будет дымить, а затем вовсе может заглохнуть.

2) Движение сланца по малонаклонной и горизонтальной решетке необходимо сделать такой скорости, чтобы сланец, придя на горизонтальную решетку, не имел летучих, т. е. представлял собой кокс, который должен быть полностью выжжен на горизонтальной решетке 25 и в шахте Б.

Если через мало наклонные колосники 23 происходит большое количество провала, то прозоры между колосниками необходимо уменьшать.

3) Шахта внизу над вальцами 27 должна быть загружена золой, а на верху горящим коксом. Горящий коксовый слой в шахте должен быть наравне со слоем топлива горизонтальной решетки или несколько ниже его. Ни в коем случае нельзя допускать, чтобы этот горящий коксовый слой опустился к вальцам. Если же опускание горящего коксового слоя произойдет, то: а) сильно накалятся вальцы, отчего они портятся, б) горящий кокс может размягчиться и залить вальцы, прекратив на долгое время действие вальцев и всей топки, так как на выбивание заплывившего их шлака придется потратить много времени.

Это заплывание может легко произойти в том случае, когда в шахту попадет невыгоревший сланец. Опыты, проведенные на этой топке

но сжиганию сланца, с полной достаточностью показали легкую возможность зашлавления вальцев шлаками.

4) Высота слоя топлива в шахте регулируется быстротой движения вальцев: чем быстрее движутся вальцы, тем скорее происходит провал золы и тем быстрее опускается к вальцам горящий коксовый слой шахты Б.

При медленном движении вальцев может произойти большое накопление золы и шлака в шахте и будет завалена горизонтальная решетка, отчего будет нарушен правильный ход процесса горения сланца.

5) При нормальной высоте золного слоя в шахте Б поступающий воздух охлаждает золу, сам нагревается и подогретым поступает к горящему слою кокса, что улучшает процесс выжига очаговых остатков.

По мысли авторов этой топки, возгонка летучих сланца должна идти в подготовительной зоне горения и производится на чугунной решетчатой плите, на которую раздробленный сланец поступает из бункера I. Находясь на чугунной плите, сланец подвергается действию лучистой теплоты, кроме того пронизывается и омывается потоком горячей смеси, состоящей из продуктов горения и подогретого воздуха. Вся эта газовая смесь идет под плиту 12 и через находящиеся в ней отверстия проходит в сланцевый слой. Продукты сгорания кокса, находящегося на решетке 25, вместе с горячим воздухом идут под решетку 12. Также все газы из шахты Б идут под решетку 12.

По мнению авторов топки, чугунная решетка не является вполне подходящим устройством для поставленной цели, но в виду малых размеров топки, рассчитанной для котла в сто квадратных метров, по недостатку места у котла и по ряду других причин не представляется возможным вместо чугунной плиты применить более совершенное устройство, выполненное из огнеупорного кирпича, что является более рациональным и прочным.

Горячая газовая смесь, пронизывая лежащий на решетке слой свежезаброшенного сланца, обуславливает быстрое и совершенное протекание процесса возгонки летучих и частичное горение сланца в его подготовительной фазе. Под воздействием газовой горячей смеси сланец быстро теряет свою влажность, после чего происходит возгонка летучих, которые при температуре, близкой к 600° , в большей своей части выделяются из сланца, а вместо сланца остается полукокс.

В виду наличия в газовой смеси кислорода в сланцевом слое помимо выделения летучих происходит одновременно и частичное горение сланца; но вследствие малого количества кислорода и недостатка его для полного сжигания возгоняемых летучих, образовавшийся над сланцевым слоем поток газовой смеси будет состоять частично из продуктов горения и в основном из несгоревших углеводородов. Под действием разряжения в топке, т. е. тяги трубы, газовый поток направляется к газовому окну, расположенному в жаровой трубе, в которой эти газы должны полностью сгореть.

На ступенчатой решетке 16 и в следующей за ней ступени происходит основное горение сланца; на мало наклонной решетке 23 главным образом выгорают летучие, не выделившиеся в первой зоне, а на горизонтальной решетке 25 и в шахте происходит выжиг кокса и охлаждение золы.

Под наклонную решетку 16 и под вертикальную 13 подается дутье, подогретое в опорных балочных 14 и 15. В этой части горение протекает весьма энергично и слой прогревается до температуры, близкой

к температуре размягчения золы, но вследствие короткого промежутка времени, в который сланцевый слой проходит участок по решетке 16, шлакование сланца здесь не может иметь места, так как шлакование сланца может наступить лишь после длительного пребывания сланцевой золы при температуре ее плавления. Этот период пребывания золы исчисляется примерно от 15 до 20 минут. Продукты горения этой зоны также направляются к газовому окну, где они смешиваются с газовым потоком подготовительной зоны.

В пространстве между решеткой 13 и решеткой 23 размягчение золы несомненно может иметь место, но обильно подаваемый сюда воздух через решетчатый толкач 24 и непрерывное движение топлива полностью должны парализовать возможность шлакования топлива в этой части топки. С пологой решетки 25 сланец поступает в шахту Б, в которой шлакование сланцевой золы не вызывает большой опасности при условии, что процесс горения на вышележащей части топки шел правильно. В этом последнем случае содержимое шахты будет целиком лишено битумов, а последние в основном являются причиной образования шлаков в шахте.

Продукты горения шахты, несущие в себе избыточный кислород, проходя пологую решетку 25 и наклонную 23, частично направляются к газовому окну, а частично—под плиту 12. Таким образом в газовом окне встречаются три потока газов: первый с подготовительной зоны, несущий в себе несгоревшие углеводороды; второй от горения в шахте, несущий с собой избыточный кислород, и третий—продукты горения со ступенчатой плиты 16.

В газовом окне должно происходить смешение этих трех потоков, и при наличии смесительных сводиков разнородная газовая смесь должна превращаться в однородную, которая поступает во вторую камеру, так называемую камеру дожигаания, находящуюся в жаровой трубе за газовым окном. В этой второй камере, то есть в жаровой трубе, и должно происходить полное сгорание летучих, при этом температура газового потока должна сильно повыситься.

Общий коэффициент избытка воздуха регулируется подачей избыточного воздуха через слой кокса в шахте.

На крутонаклонной решетке происходит первая фаза горения—возгонка летучих, на решетке 23 вторая фаза—выгорание летучих из полукокса, на решетке 25 происходит третья фаза горения—дожигание кокса, возвратно поступательное движение толкачей 21 и 24 способствует нормальному протеканию данного процесса горения. Выгоревший шлак с пологой решетки 25 толкачом 24 сбрасывается в шлаковую камеру на дробильные барабаны 27. В шахте происходит четвертая и пятая фазы горения, т. е. выгорание горючих из кокса и выжиг и охлаждение очаговых остатков.

Через раскаленный в шлаковой камере шлак медленно под действием тяги дымовой трубы просачивается воздух, где он подогревается за счет теплоты шлаков, по выходе из камеры воздух частично идет под плиту 12, а частично смешивается с продуктами горения, получившимися на решетках 23 и 25. Получаемая смесь, как было указано ранее, направляется к газовому окну. Охлажденная в шахте зола медленно поворотом шлаковых барабанов 27 выбрасывается из шахты в вагонетку.

Регулировкой хода барабанов поддерживается уровень золы в шахте.

Наличие двух колосниковых решеток, расположенных в разные стороны (передом решетки) является одним из существеннейших недостатков этих топок, т. к. сланец, не успевший на верхней решетке выделить летучие переходит в первую шахту, а из последней на пологую колосниковую решетку, а на этой последней и в шахте образуются шлаки и козлы.

Круговой процесс продвижения сланца в топочном пространстве от загрузочного бункера до отвала золы в вагонетку осуществляется с помощью несложного приводного механизма оригинальной конструкции, разработанного ПОВТИ.

Топка типа Т—III. (Рис. 28). Принцип устройства сланцевых топок для всех механических топок ПОВТИ одинаковый. Для

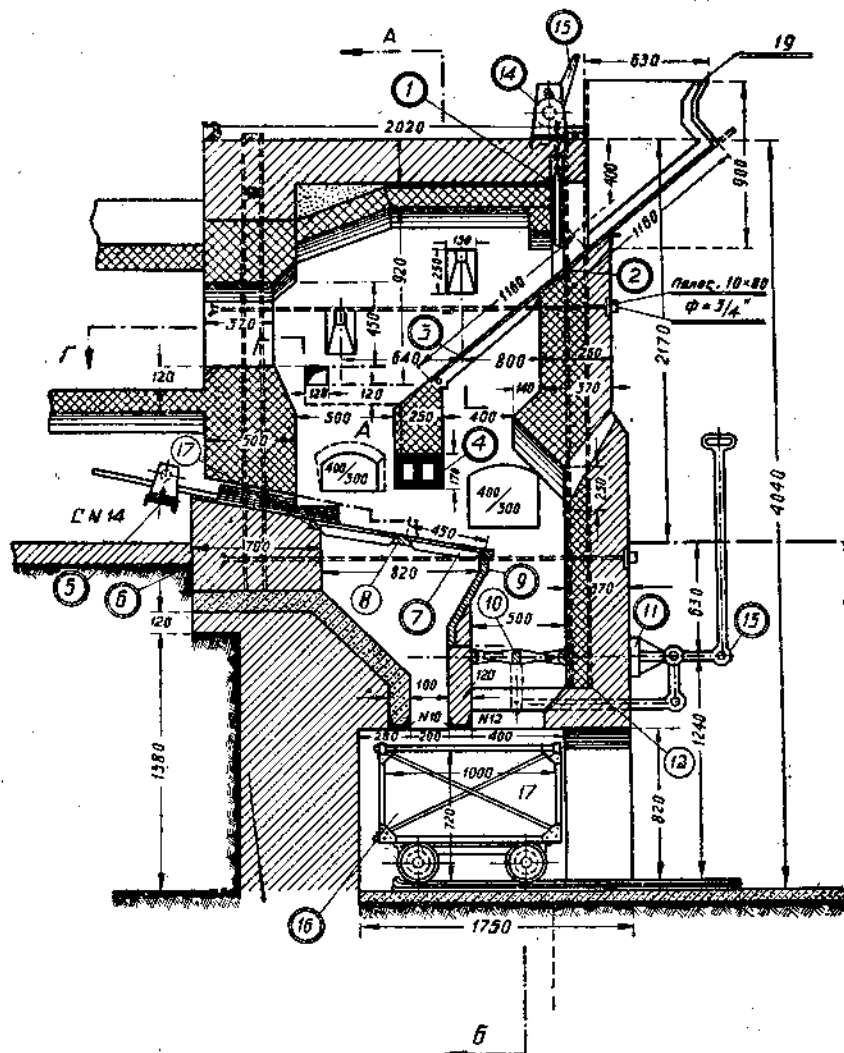


Рис. 28. Механическая топка ПОВТИ Т—III
топки Т—III он такой же, как и для топки Т—II, Т—IV и Т—VII и состоит в следующем. Сланцевая топка состоит из двух наклонных

решеток, плит и шлаковой камеры. Решетчатые плиты наклонены в разные стороны по отношению к горизонту

Топливо подается через бункер 19 на первую верхнюю наклонную решетчатую плиту 2, расположенную под углом в 40° к горизонту. Слои топлива регулируются шибером 1. На крутонаклонной плите слой сланца, постепенно спускаясь вниз, подвергается воздействию горячей газовой смеси продуктов горения с избыточным воздухом, идущим с нижней плиты, а также подогретого воздуха из шлаковой камеры. Под воздействием указанной газовой смеси находящийся на верхней плите сланец подсушивается, и происходит возгонка горючих летучих, а также частичное горение летучих, это ускоряет процесс возгонки летучих. Образовавшаяся сложная газовая смесь направляется через сводик к газовому окну Г. Туда же направляются продукты горения от подогретого воздуха, проходящего через охлажденную балку 4, а также идут продукты горения, поступающие из шахты 9, расположенной под толкачом 6. Вся эта газовая смесь содержит значительный избыток воздуха.

В газовом окне Г должно обеспечиваться полное смешение всех трех потоков, а в жаровых трубах осуществляется полное сжигание летучих, идущих с верхней наклонной решетки.

Слой топлива, постепенно опускаясь по верхней плите, попадает в первую шахту А, внизу которой движется толкач 6. Цель толкача — время от времени шевелить слой и кроме того передвигать содержимое шахты в зольную камеру шахты 9. При этом сланец продвигается по мало наклонным колосникам 7.

Топка приводится в движение вручную вращением рукоятки то в одну, то в другую сторону.

В шахте А происходит дожигание углерода топлива, который окончательно выжигается на нижней наклонной решетке 7. Зола и шлак с наклонной решетки 7 помощью толкача 6 медленно сталкиваются в зольную камеру, где, с одной стороны, происходит охлаждение золы подводимым воздухом и с другой — совершается удаление шлаков из камеры шахты 9 с помощью качающихся колосников и шиберов 10 в вагонетку 17. В Т—IV удаление золы и шлака происходит посредством толкача.

Ниже указан часовой расход топлива на сланцевых топках ПОВТИ:

для	т—II	—250 кг в 1 час.	
»	т—III	—500 »	»
»	т—IV	—1000 »	»

Если указанные нагрузки на топку превысить, т. е. сжечь сланца в час большее количество, чем это указано, то топка будет дымить и кроме того даст большой процент недожога, то есть увеличится процент механической неполноты горения.

в) Механическая топка ПОВТИ Т—IV указана на рисунке 29. Эта топка имеет не столь сложное устройство, как Т—VII, и спроектирована для жаротрубного Ланкаширского котла поверхностью нагрева до 60 кв. м. В этой топке вместо валцов имеется толкач 13, который сталкивает золу и шлаки в подставленную вагонетку.

Опыты, проведенные с топкой Т—IV по сжиганию сланца с достаточной ясностью показали, что нижнюю с малым наклоном колосниковую решетку необходимо укоротить, опустив ее несколько ниже, или совсем выкинуть, но в этом случае нужно несколько удлинить круто наклонную колосниковую решетку, а также сделать подсуши-

вающую шахту для сжатия сланца. Напряжение колосниковой решетки во избежание большего шлакования не должно превышать более 500 кил. калор. на один квадр. метр в час. При большем напряжении происходит в топке быстрое образование козлов и топка затухает.

10. Топка с цепной решеткой

Цепная колосниковая решетка представляет собою движущуюся бесконечную ленту, на которую насажены колосники. Вся колосниковая решетка состоит из чугунной или железной рамы, поставленной на колеса для выдвигания всей решетки при ее ремонте, а также имеет

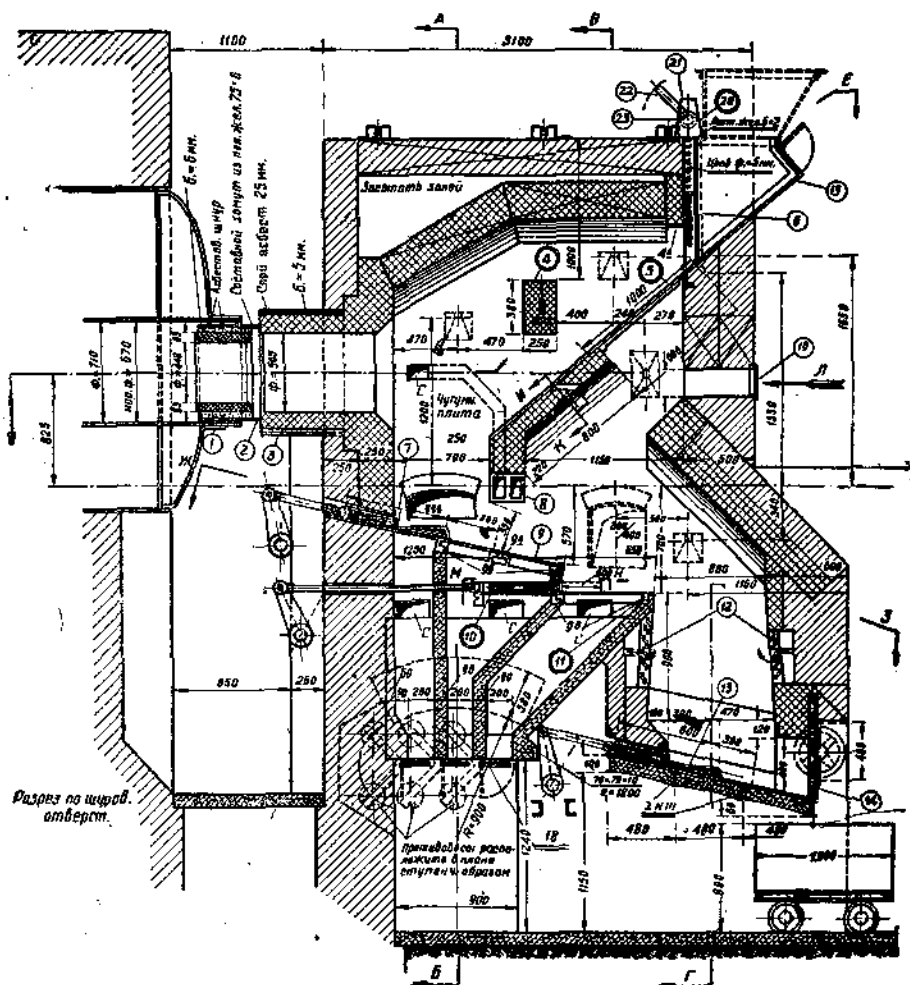
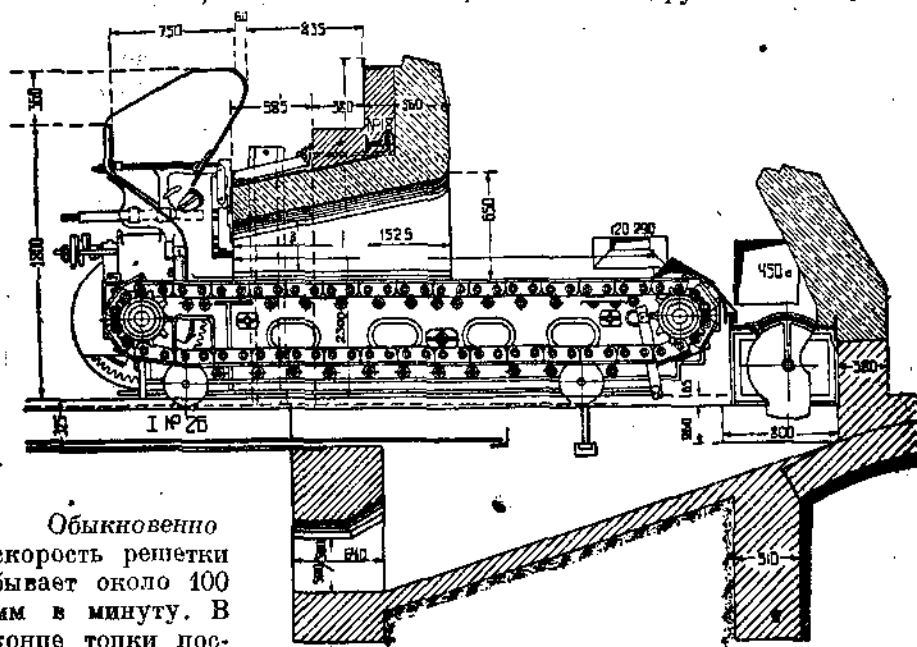


Рис. 29. Механическая сланцевая топка ПОВТИ Т-IV с толкачами и дожигательной решеткой

два вала, которые находятся на противоположных концах решетки. На валах насажены звездочки, по звездочкам ходит бесконечная цепная лента, последняя несет на себе колосники, образующие собою бесконечную цепную колосниковую решетку. На рис. 30 представлена топка с цепной решеткой.

Цепная колосниковая решетка получает движение от трансмиссии или от мотора. Скорость движения решетки устанавливается такая, чтобы топливо, дойдя до конца решетки, полностью сгорело. Скорость решетки устанавливается в зависимости от вида сжигаемого топлива и его состояния, т. е. от влажности, зольности и других качеств.



Обыкновенно скорость решетки бывает около 100 мм в минуту. В конце топки поставлен шлакоосвобождаватель, который освобождает решетку от шлаков. Снятие шлаков производится в то время, когда решетка, передвигаясь через задний вал, переходит под топку и начинает двигаться в обратном направлении, т. е. от заднего вала к переднему, когда же решетка нагружается топливом, т. е. находится наверху, то она имеет движение от переднего вала к заднему и несет на себе слой горящего топлива.

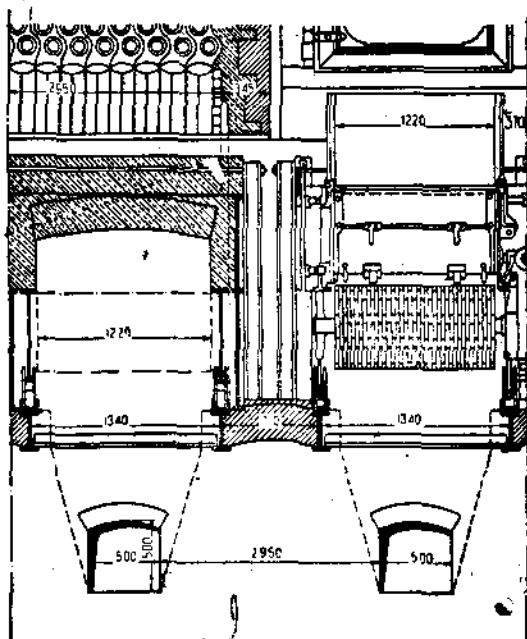


Рис. 30. Топка с цепной решеткой

Шлакосниматель выполняет важную задачу регулирования работы топки, заключающуюся в том, что шлак, подходящий к шлакоснимателю, сгребается последним, поэтому перед шлакоснимателем образуется гора из шлака, задерживающая свободное движение воздуха в топку и не допускающая его избытка. Очаговые остатки, медленно догорая, переваливаются через шлакосниматель. Шлакосниматель, находясь все время в раскаленной среде, быстро перегорает, благодаря чему выводит топку на долгое время из работы, пока не установит новый шлакосниматель взамен сгоревшего. До сих пор вопрос о шлакоснимателях не разрешен в сторону их долгой работы и ремонта на ходу топки.

Колосники также сравнительно скоро изнашиваются, но они не выводят топку из строя, так как смена выгоревших колосников производится легко на ходу топки. Необходимо иметь в запасе отдельные колосники и отдельно собранные целые планки с колосниками; в случае выгорания колосников снимают на ходу решетку целую планку со сгоревшими колосниками и заменяют ее запасной.

Натяжение топки устанавливается особыми винтами. Обыкновенно цепную топку устанавливают в холодном состоянии, но по мере вступления ее в действие решетка под влиянием поднимающейся в топке температуры начинает удлиняться и, чтобы она не провисла, необходимо через некоторые промежутки времени помощью винтов ее натягивать. Ни в коем случае нельзя сильно натягивать решетку, так как от этого она может выйти из работы. При остановке работы топки необходимо медленно решетку отпускать по мере ее охлаждения.

Воздух в топку подводится через решетку помощью вентиляторного дутья. Обыкновенно цепные топки устраиваются с секционной подачей вентиляторного дутья, что дает возможность регулировать подачу воздуха к каждой секции решетки. При работе топки с подогревым воздухом положение колосников еще больше отягчается, поэтому должны быть приняты меры к хорошему их охлаждению. Иногда к каждой секции подводится паровая и водяная труба с распылителями на концах; в случае перегрева колосников в какой-либо секции пускают пары или распыленную воду для охлаждения колосников.

Процесс горения на цепной решетке протекает следующим образом: топливо из бункера поступает на голую остывшую колосниковую решетку; по мере передвижения колосниковой решетки вглубь топливо постепенно подсыхает, выделяя влагу; затем выделяются горючие летучие, загорается топливо и по мере продвижения вглубь топки топливо теряет все большее и большее количество летучих, само горит, и в конце топки остается один кокс, который сгребается шлакоснимателем. В начале топки у шибера имеется наибольшая толщина слоя, затем эта толщина по мере выделения летучих и сгорания топлива уменьшается, превращаясь в тонкий слой у шлакоснимателя. У регулятора топлива, т. е. у регулирующей доски, при наибольшей толщине слоя топлива, доступ воздуха через решетку сильно затруднен, но в этой части воздух не нужен, так как здесь происходит подсушка топлива, частичная возгонка летучих, а горения топлива нет. По мере продвижения топлива вглубь топки слой топлива делается тоньше, и воздух более свободно поступает в топку, проходя через колосниковую решетку. Наиболее интенсивное горение происходит во второй половине колосниковой решетки при сравнительно незначительной

толщине слоя топлива, где имеется более свободный доступ воздуха. В конце решетки имеется самый тонкий слой топлива, здесь догорает кокс; через эту часть может проникнуть много воздуха, который будет охлаждать топку. Но благодаря шлакоснимателю последняя часть топки имеет толстый слой топлива, так как шлакосниматель, сгребая шлак, загромождаст решетку перед собою. Утолщенный слой кокса препятствует свободному проникновению воздуха в топку. Следовательно, приток воздуха в топку происходит нормально через всю колосниковую решетку.

Так как топливо из бункера поступает на голую охлажденную колосниковую решетку (шлаковая раскаленная подстилка отсутствует), поэтому для подсушивания, газификации и зажигания топлива необходимо присутствие лучеотражательных сводов, которые не должны быть остужаемы вторичным воздухом, а также наличие предтопок при топливах с большой влажностью.

При работе топки необходимо следить за тем, чтобы слой топлива, поступающего из бункера на колосниковую решетку, был распределен по всей решетке равномерно и чтобы у краев решетки была толщина несколько большая, чем в середине. Если наблюдается обратное, т. е. утолщенность топлива в середине решетки, то необходимо заслонку, регулирующую толщину подаваемого слоя, исправить и сделать ее такой, чтобы утолщение было около стенок.

Топливо, сжигаемое на цепной решетке, должно быть не шлакующее и не должно иметь легкоплавкой золы, в противном случае зола расплавится, залетит колосники и выведет всю топку из работы, так как расплавленную золу, а затем застывшую массу трудно будет отделить от колосников.

Сжигание сланца на цепной решетке не увенчалось успехом. Сланец по выходе из бункера на полотно цепной решетки в верхней своей части бурно загорался, давая густое красное пламя, так как раскаленные своды топки, излучая теплоту на сланец, быстро подсушивали его и бурно возгоняли летучие из верхних слоев топлива, от этого сланец быстро загорался, нижние же слои сланца, находясь на холодном полотне решетки и будучи закрыты от лучистой теплоты вышележащими слоями сланца, не подсыхали и не газифицировались. По мере выгорания верхних слоев сланца сланец тух. Если в топочном пространстве до загрузки сланца имела высокая температура, то сланец быстро покрывался тонким расплавленным слоем стекла, т. е. сланец под влиянием высокой температуры оплавлялся; от этого горение сланца прекращалось. Только при непрерывном шуровании сланцевого слоя возможно горение сланца на цепной колосниковой решетке. При ручном шуровании верхние горящие слои попадают вниз, образуя горящую подстилку, а нижние негорящие слои сланца, попадая вверх, загораются и продолжают горение. Но ручное обслуживание цепной решетки представляет большое затруднение, делая тяжелым труд кочегара, в то же время нельзя получить соответствующего теплового эффекта.

Цепная решетка инж. Авдощенко предусматривает непрерывное встряхивание горящего слоя сланца. От этого встряхивания должно происходить полное и тщательное перемешивание всех слоев сланца, и сланец должен гореть. Делая своды соответствующих конструкций, можно не допустить оплавления верхнего слоя сланца, что обеспечит полноту выгорания горючих сланца и получение вполне выжженной сланцевой золы. Топка эта пока не установлена и не испытана.

На рис. 31 представлен схематический чертеж цепной решетки инж. Авдощенко. Описание этой топки следующее:

Звездочки 1, приводимые в действие каждая самостоятельно от валов 2, укрепленных на стойках 3, приводят в движение цепь 4, на которой подвешиваются пластины-колосники а указанной на чертеже формы при помощи двух выступов 5. Противоположные стороны пластин выступов не имеют, следовательно, пластины могут вращаться. В верхней части топки, для того, чтобы пластины, двигаясь, образовали сплошную поверхность, через которую не могло проваливаться топливо, а также чтобы колосникам-решеткам сообщить колебательное движение, помещаются стержни в, укрепленные шарниром на стойках 7.

Вся система 8,7 приводится в колебательное движение при помощи пальца кривошипа 9 и тяги 10.

Вал II, на котором укреплен палец кривошипа, проходит в центре пустотелого вала 2. Шкивы 12 и 13 служат для приведения во вращение соответственно звездочек (1) и пальцев кривошипа (9).

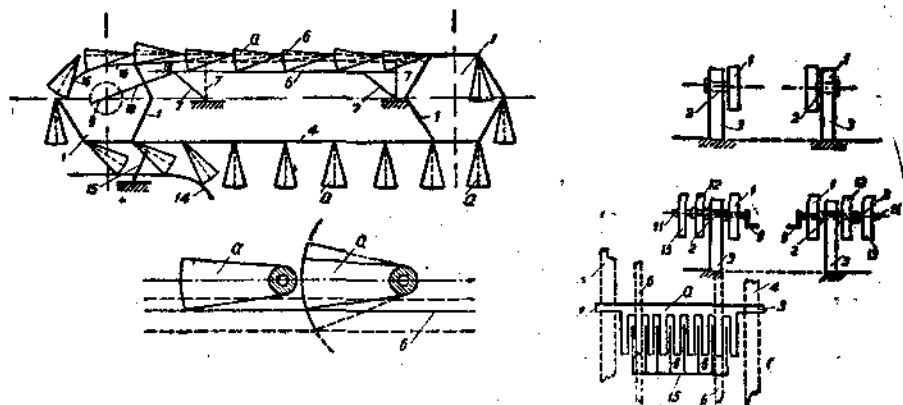


Рис. 31. Цепная решетка инж. Авдощенко

Пластины-колосники черна, сойдя у ведомых звездочек 2 со стержнем 8, принимают вертикальное положение, сбрасывая золу. Внизу эти пластины направляющими 14 приводятся в наклонное положение и проходят через гребенку 15, стержни которой в проходят через промежутки между гребенкой колосников-пластин а и таким образом очищают колосники топки.

У ведущих звездочек колосники а направляются криволинейными стержнями 16, находящимися в вертикальной плоскости, не совпадающей с вертикальной плоскостью, в которой находится система 7,8.

Данная механическая топка имеет особенное значение для сжигания сланца, который при сгорании на обыкновенной цепной решетке образует стеклянную корку, не пропускающую воздух. Образование стеклянного слоя устраняется в данной топке применением колосников а, качающихся вследствие описанного устройства 7,8. Это колебание колосников способствует разрушению слоя топлива, находящегося на решетке, разрушает стеклянную корку, препятствующую горению, и перемешивает верхние горячие слои топлива с нижними негорящими слоями. Делая соответствующую конструкцию сводов, легко можно достичь сжигания сланца.

11. Дисковая топка инж. Макарьева

В Ленинграде в 1932 г. была приспособлена под сжигание сланца торфяная дисковая топка инж. Макарьева (см. рис. 32). Дисковая топка состоит из ряда круглых дисков диаметра до 180 мм: диски насажены на целую ось, внутри которой циркулирует холодная вода для охлаждения дисков. Ось, на которую насаживаются диски, делается из цельнотянутых труб, диаметром около 100 мм; внутри этой трубы пропущена другая труба диаметра от 25 до 38 мм. По этой меньшей трубе впускается холодная вода в полую ось, т. е. в большую трубу. Длина малой трубы делается несколько короче толстой трубы (оси), поэтому вода, входя в малую трубу, выходит из нее с другого конца, который почти совпадает с концом большой трубы. Вода из большой трубы выходит с противоположного конца, т. е. в том месте, где она входила в узкую трубу. Не трудно видеть, что вход воды в малую трубу и выход ее из большой трубы происходит с одного и того же конца.

Малая труба, входящая во внутрь большой, остается все время неподвижной. Большая труба — ось дисков — имеет вращательное движение и вместе с собою вращает насаженные на нее диски. Скорость вращения дисков регулируется помощью коробки скоростей, в которой установлено 4 скорости.

Такая дисковая топка с площадью колосниковой решетки в 17,8 кв. м. была установлена в Ленинграде под котлом Норман и Шульд с поверхностью нагрева в 823 кв. м. с радиационным паронерегретелем поверхностью нагрева в 82 кв. м, экономайзером системы Грина в 560 кв. м. и воздухонагревателем завода ЛМЗ в 1200 кв. м.

Опыты, проведенные ЛОВТИ по сжиганию сланца на этой топке, показали ряд дефектов, а также ряд положительных сторон.

Если для торфа нужны предтопки, в которых должны быть зажигаемые очаги, то для сухого сланца они совершенно не нужны. Кроме того наличие предтопок при сжигании сухого сланца нарушает весь процесс горения сланцев, так как наряду с возгонкой летучих сланца происходит горение сланца в слое. От этого в слое сланца развивается высокая температура и сланец начинает оплавляться, этим в корне нарушается весь процесс горения.

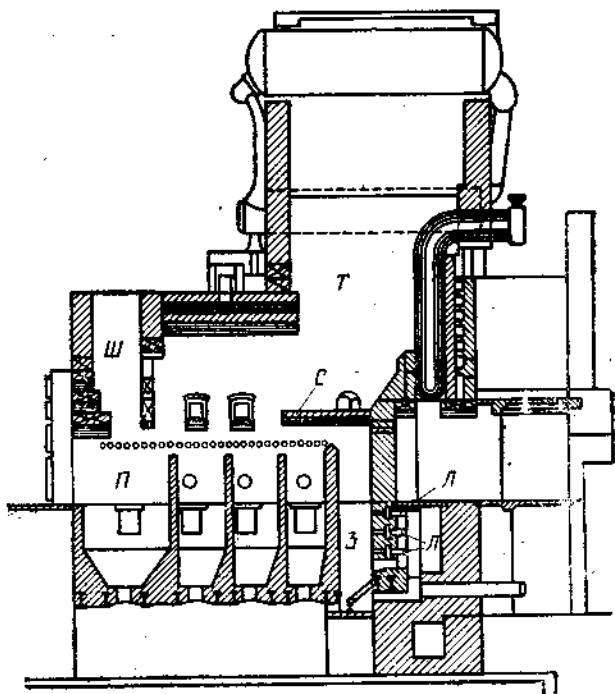


Рис. 32. Дисковая топка инж. Макарьева

Для устранения этого явления необходимо предтопки заложить; при сильно влажном сланце необходимо применить горячее дутье и устроить предтопки.

Отсутствие заслонки, регулирующей толщину подаваемого слоя сланца, не даст возможности управлять режимом топки и режимом работы котла.

При движении дисков хотя и происходит шевеление и передвижение слоя топлива, но шевеления этого недостаточно, поэтому ЛОВТИ наметило произвести некоторое изменение в конструкции дисковой топки. Изменение это в основном сводится к тому, что все дисковое горизонтальное полотно делится по своей длине на две части и образуется ступень.

Благодаря этой ступени сланец каскадно падает и будет более тщательное перемешивание разных слоев горящего сланца. Кроме того и это основное на нижней ступени колосники движутся медленнее, поэтому на них образуется более толстый слой сланца, чем на верхней ступени.

Кроме того глубину шахты предположено уменьшить.

Воздух, необходимый для горения, позоно подводится под решетку, здесь подается горячий воздух, а в шахту на разных высотах подводится холодный воздух.

12. Ручные топки

Необходимо сказать несколько слов о ручных топках. Недостаток этих топок в основном заключается в большой трудности обслуживания их, невозможности держать все время одно и то же напряжение поверхности нагрева котла, так как при периодической загрузке топлива и во время шуровок в топку врывается большое количество холодного воздуха, от этого топка стынет и котел начинает в это время плохо работать. Несмотря на эти недостатки, все-таки в некоторых исключительных случаях приходится прибегать к ручным сланцевым топкам.

а) Топка инж. Калитова В. И., приведена на рис. 33. Особых пояснений этот рисунок не требует. Сланец из бункера 1 периодически спускается на ниже лежащие обыкновенные колосники. Подача сланца из бункера регулируется заслонкой 2. Заслонка поднимается и опускается помощью ручного приспособления 4. Колосниковая решетка состоит из трех рядов площадок, набегающих одна на другую. Кроме того последняя площадка имеет уклон в обратную сторону по сравнению с первыми двумя площадками. Против каждой площадки имеется по одной дверке 3 с герметическим затвором.

Воздух, необходимый для горения сланца, помощью вентилятора подается под решетку в зольное пространство.

Если топка в ходу, то при шуровке топки поступают следующим образом: прекращают дутье воздуха, открывают самую нижнюю дверку и помощью кочерги начинают с третьей площадки сгребать золу в поддувальное помещение. После очистки третьей площадки, также помощью кочерги, через вторую дверку сталкивают горящий сланец со второй площадки на третью, а затем через верхнюю дверку сланец сталкивают с первой на вторую площадку и после этого из бункера спускают свежий сланец на первую площадку, которая не начисто освобождается от горящего сланца, а на ней оставляют горящую

подстилку для новой порции сланца. Благодаря этому новая порция сланца падает не на оголенные колосники, а на раскаленную постель догорающего сланца.

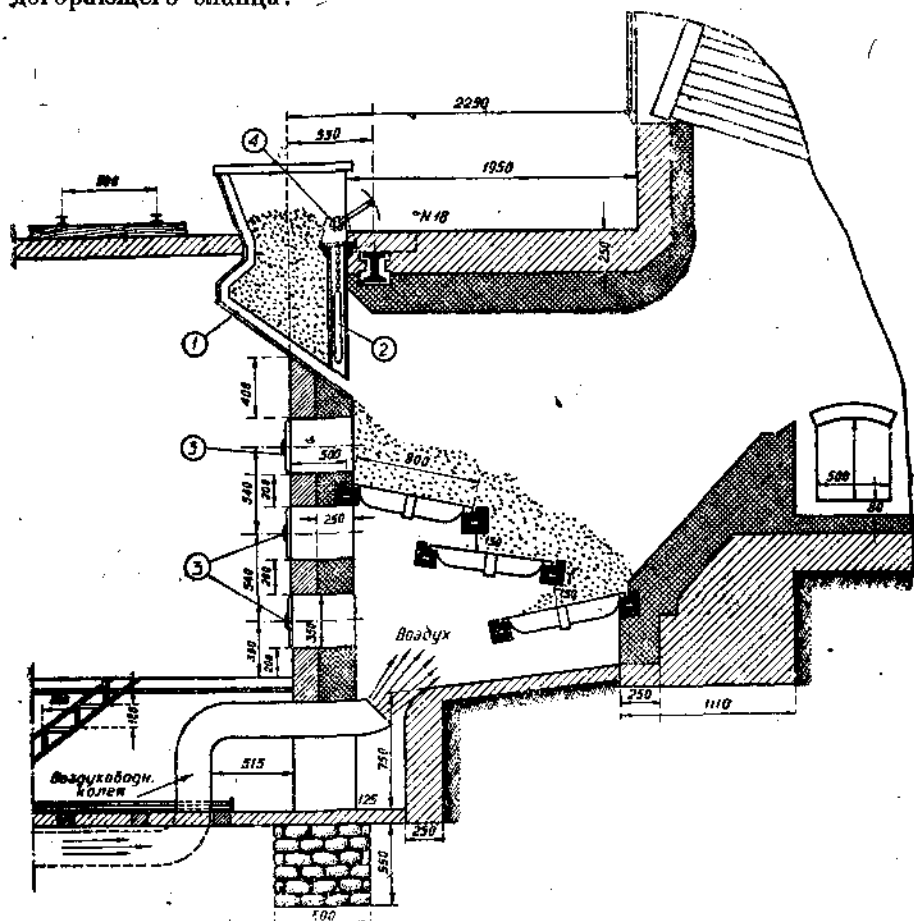


Рис. 33. Топка инж. Калитова.

На рис. 33 положение сланцевого слоя на колосниковой решетке показано пунктиром. При таком положении сланца воздух из поддувала не может пройти в топочное пространство, минуя толщину сланцевого слоя.

б) Ступенчатая топка для сжигания эстонского сланца приведена на рисунке 34. Топка имеет внизу опрокидывающуюся колосниковую решетку. Примерно такой же конструкции установлена топка на одной из фабрик г. Самары, но вместо опрокидывающейся решетки здесь установлена колосниковая площадка, примерно такого же вида и уклона, как это сделано в топке т. Калитова (расположение третьей последней площадки колосниковой решетки с обратным наклоном к фронту топки). На этой решетке сжигается кашпирский сланец, давая приличные результаты. Эта топка установлена при паровом котле, работающем для отопления фабрики.

в) Сжигание сланца в пылевидном и во взвешенном состоянии. Опыты по сжиганию сланца в пылевидном состоянии производились

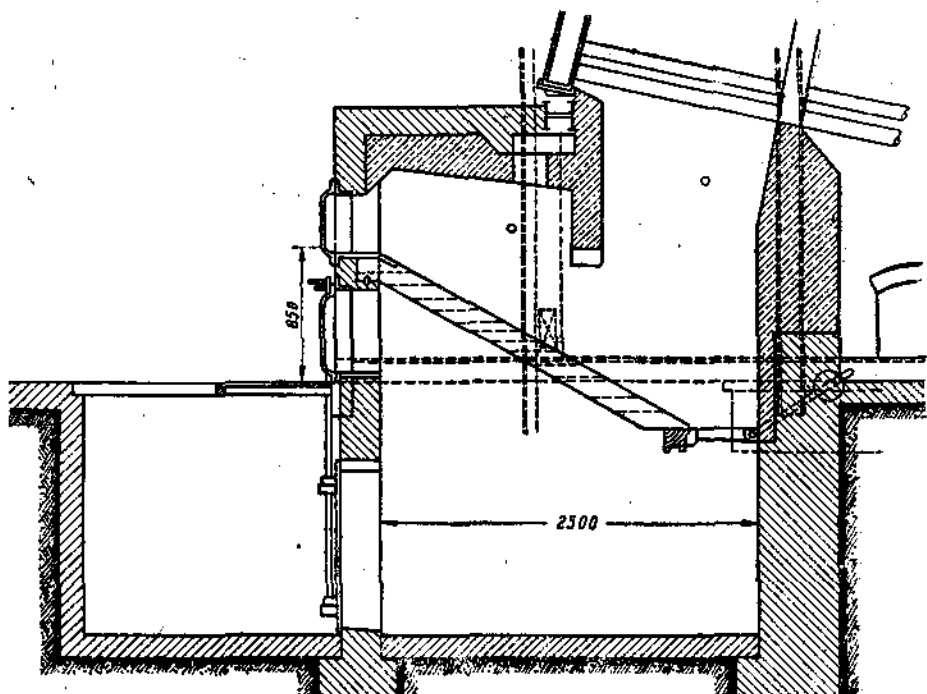


Рис. 34. Ручная топка для сжигания эстонского сланца

Теплотехническим институтом в октябре 1928 г. Опыты показали, что, несмотря на громадное количество баласта (зола, влага и угле-

Таблица 31

Наименование	Действи- тельн.		Теоретич. возможность		Разность	
	захарь- евский	кашир- ский	захарь- евский	кашир- ский	захарь- евский	кашир- ский
1. Потери с уходящими газами	17,4	17,6	8,4	9,0	-9,0	-6,6
2. » от химич. непол. гор.	0,5	0,5	0,5	0,5	—	—
3. » с золою топлива	1,9	2,2	—	—	1,9	-2,2
4. от мех. не полн. гор.	4,0	4,0	4,0	4,0	—	—
5. В окружающ. среду	7,5	8,1	—	—	-7,5	-8,1
6. Коэф. пол. действ. устан. брутто	69,2	68,1	85,2	84,3	+16,0	16,2
7. Служ. расх. на размол	10,4	11,2	7,1	7,6	-3,3	-3,6
8. Коэф. пол. действ. устан. нетто	58,8	56,9	78,1	76,7	+19,3	+19,8
9. Теплот. способ. кал. (кг.)	168	1638	—	—	—	—

кислоты), колебавшееся в пределах 73—75%, горение сланцевой пыли протекало вполне устойчиво. По существенным недостатком было быстрое забивание расплавленной золой пиза топки и нижних рядов водяных трубок котла, несмотря на незначительное напряжение то-

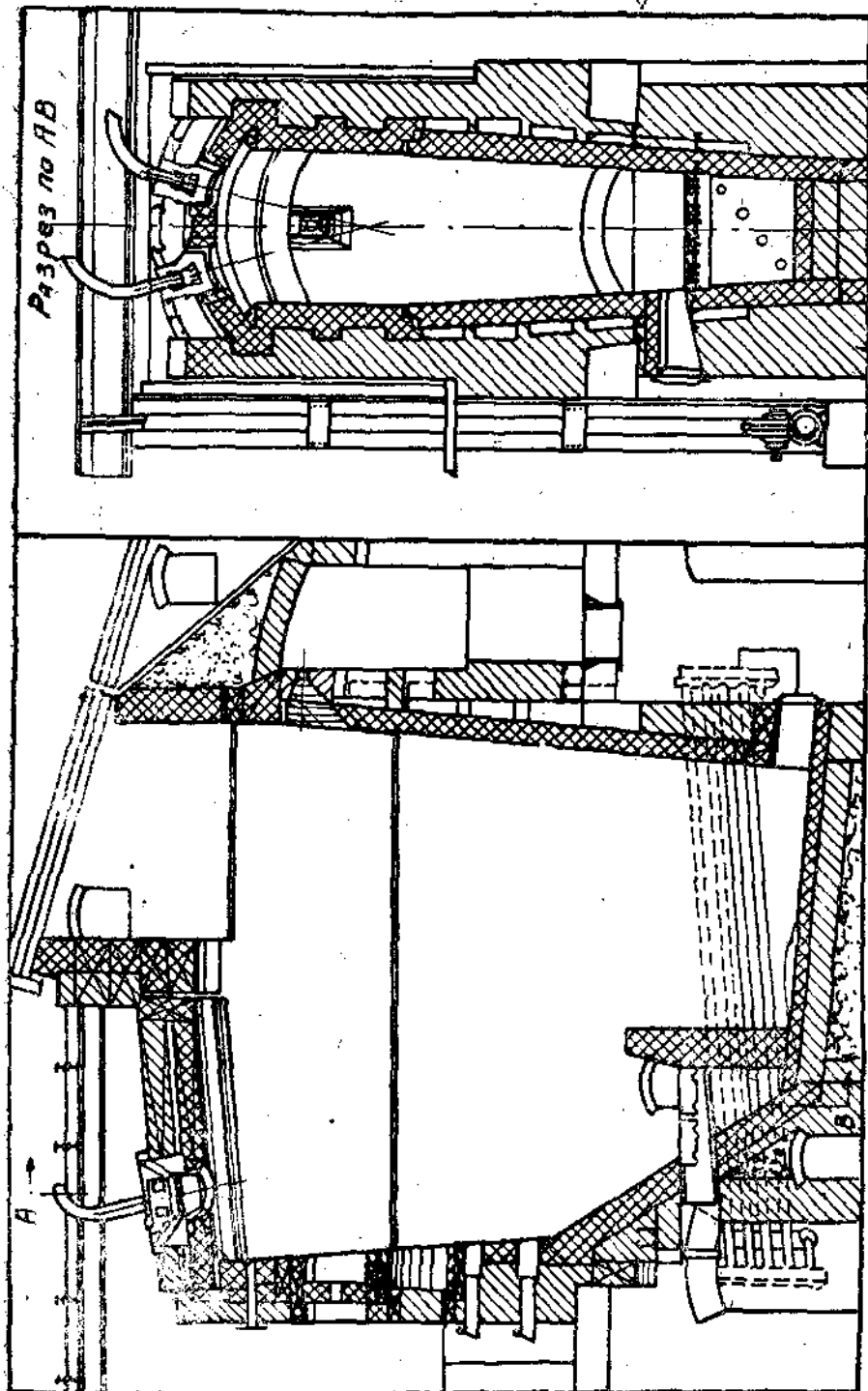


Рис. 35. Топка для сжигания сланца во взвешенном состоянии]

топочного пространства в 80—100 кл-кал. в 1 куб. м. в час и большой избыток воздуха в 1,49. Очистку труб от расплавленной золы приходилось производить через каждые 15—20 минут, а иногда и через 10—15 минут. Следовательно, для достижения нормального паронапряжения котла необходимо иметь топку значительного объема, учитывая предельную напряженность топочного пространства в 90 кл-кал. в 1 куб. м. в час.

В результате опыта был получен следующий тепловой баланс котла в процентах:

Опыты по сжиганию сланца в пылевидном состоянии производились на саратовской ГЭС, результаты были получены примерно такие же. Также до сих пор не имеется вполне окончательных результатов по сжиганию сланца во взвешенном состоянии.

На рис. 35 приведена конструкция топки для сжигания сланца во взвешенном состоянии.

Г Л А В А VI

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ НА КАШПИРСКОМ СЛАНЦЕ

Котельная установка состоит из: а) парового котла системы Шухова с поверхностью нагрева в 175 кв. м., б) пароперегревателя с поверхностью нагрева 55 кв. м., в) поверхность нагрева водяного экономайзера необходимо определить. Котельная установка указана на рис 36.

В качестве топлива является сланец Кашпирского месторождения химического состава:

1) Углерода С	20,46%	5) Серы S	4,95%
2) Водорода Н ₂	2,48%	6) Углекислоты минер. CO ₂ ^к	8,87%
3) Кислорода O ₂	6,65%	7) Зола А	45,97%
4) Азота N ₂	0,71%	8) Влага W	10,00%
Всего			100,00%

Определение теплотворной способности сланца указанного состава исчисляется из формулы проф. Менделеева Д. И.

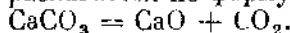
$Q_{\text{раб.}} = 81 \cdot C + 300 \cdot H - 26(O - S) - 6(W + 9 \cdot H)$. Вставляя соответствующие значения, имеем:

$$Q_{\text{раб.}} = 81 \cdot 20,46 + 300 \cdot 2,48 - 26(6,65 - 4,95) - 6(10 + 9 \cdot 2,48) = 2163 \text{ кал/кг.}$$

Если минеральной углекислоты в сланце CO₂^к имеется 8,78, то содержание углекислого кальция в сланце определяется из формулы:

$$\text{CaCO}_3 = \frac{\text{CO}_2^{\text{к}} \cdot 100}{44} = \frac{8,78 \cdot 100}{44} = 19,95\%.$$

Углекислый кальций разлагается по формуле:



Для разложения 1 кг углекислого кальция требуется затратить теплоты извне 425 кал. Следовательно, для разложения 0,1995 кг CaCO₃ необходимо затратить теплоты:

$$425 \cdot 0,1995 = 84,8 \text{ кал.}$$

Отсюда видно, что действительная теплотворная способность сланцевого топлива выше указанного химического состава будет:

$$Q_p = 2163 - 84 = 2080 \text{ кал/кг.}$$

Теоретическое количество воздуха, потребного для сжигания 1 кг сланца, определяется из формулы:

$$G_t = \frac{2,67C + 8H + S - 0}{22,3} = \frac{2,67 \cdot 20,46 + 8 \cdot 2,48 + 4,95 - 6,65}{22,3} = 3,136 \text{ кг}$$

$$\text{или по объему } V_t = \frac{G}{1,293} = \frac{3,136}{1,293} = 2,42 \text{ куб. м.}$$

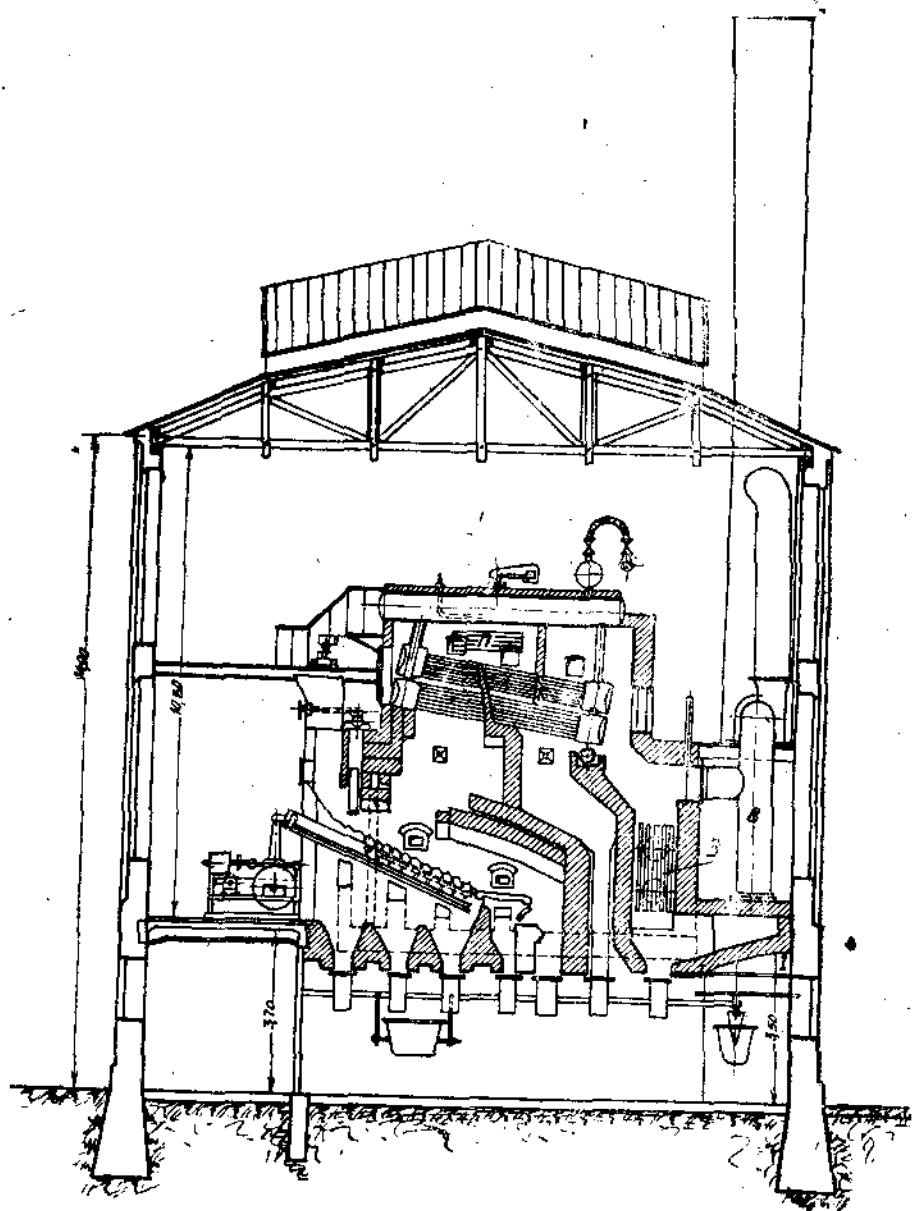


Рис. 36. Котельная установка на сланцевом топливе с топкой Зейбота к котлу Шукова П—пароперегреватель, Э—экономайзер, В—воздухоподогреватель

Практическое количество воздуха при коэффициенте избытка воздуха $\alpha = 1,3$ будет:

$$G_{\text{пр}} = \alpha G_{\text{т}} = 1,3 \cdot 3,136 = 4,08 \text{ кгр.}$$

$$V_{\text{пр}} = \alpha V_{\text{т}} = 1,3 \cdot 2,42 + 3,15 \text{ куб. м/кг}$$

Определение состава продуктов горения:

1. Углекислоты CO_2 :

а) от сгорания углерода топлива.

Примем, что механическая неполнота горения $q_4 = 8,5\%$. При содержании в топливе углерода в $20,46\%$ имеем механическую неполноту горения углерода: $q_4 = 0,085 \cdot 20,46 = 0,01739$ кг на 1 кг сланца.

Тогда количество углерода, сгорающего в топке, будет:

$$C = 0,2046 - 0,01739 = 0,1872 \text{ кг.}$$

Предполагая, что химической неполноты горения нет, т. е. $q_3 = 0$, от сжигания $0,1872$ кг углерода углекислоты будет:

$$CO_2 = \frac{44}{12} \cdot C = \frac{44}{12} \cdot 0,1872 = 0,6864 \text{ кг.}$$

б) Количество углекислоты от разложения карбонатов сланца $CO_2^* = 0,0878$ кгр.

Всего CO_2 в дымовых газах $0,6864 + 0,0878 = 0,7792$ кгр.

2. Водяные пары:

3) от сжигания водорода. Определяем из формулы:

$$H_2O = \frac{18}{2} \cdot H = 9 \cdot 0,0248 = 0,2232 \text{ кг;}$$

б) от влажности топлива $0,1000$ кг; $m_{H_2O} = 10\%$.

в) от влажности воздуха, вводимого в топку для сжигания сланца.

Подсчетами определено, что с каждым килограммом воздуха входит в топку от 9 до 12 г водяных паров, а при введении $4,08$ кг воздуха водяных паров будет $11 \text{ г. } 4,08 = 45 \text{ г, или } 0,045 \text{ кг.}$

Обыкновенно при топливах с большой рабочей влажностью и малой калорийностью влажность воздуха существенного значения не имеет, поэтому при расчетах этой величиной пренебрегают.

Всего водяных паров будет $0,3682 \text{ кг.} = 0,2232 + 0,10$

3. Содержание сернистых газов SO_2 от сгорания $0,0495$ кг серы: сернистого газа будет

$$SO_2 = 2 \cdot S = 2 \cdot 0,0495 = 0,0990 \text{ кг.}$$

4. Содержание азота N_2 определяется из того количества воздуха, который поступает в топку и из топлива:

а) поступает вместе с воздухом, вводимым в топку для горения топлива:

$$N_2 = 0,768 \cdot G_{\text{вп}} = 0,768 \cdot 4,08 = 3,135 \text{ кг.}$$

б) Поступает вместе с топливом (химический состав топлива)

$$N_{II} = 0,007 \text{ кг.}$$

Всего азота $3,147 \text{ кг.}$

Содержание свободного кислорода O_2 в дымовых газах:

а) Поступает вместе с воздухом:

$$O_2 = 0,232 \cdot G_{\text{вп}} = 0,232 \cdot 4,08 = \dots \dots \dots 0,9475 \text{ кг}$$

б) Поступает из топлива $O_2 \dots \dots \dots 0,0665 \text{ кг}$

Всего вводится кислорода $O_2 = \dots \dots \dots 1,0140 \text{ кг}$

Из этого количества расходуется кислорода:

а) На горение углерода:

$$O_2 = \frac{32}{12} \cdot C = \frac{32}{12} \cdot 0,1872 \dots \dots \dots 0,5000 \text{ кг}$$

б) На горение водорода:

$$O_2 = \frac{16}{2} \cdot H = 8 \cdot 0,0248 \dots \dots \dots 0,1980 \text{ »}$$

в) На горение серы:

$$O_2 = \frac{32}{2} S = 16 \cdot 0,0495 \dots\dots\dots 0,0500 \text{ кг}$$

Всего расходуется кислорода на горение топлива O расх. $\dots\dots\dots 0,7480 \text{ кг}$

Остается свободного кислорода в дымовых газах:

$$O_2 = O \text{ прих.} - O \text{ расх.} = 1,0140 - 0,7480 = 0,2660 \text{ кг}$$

Общий вес дымовых газов от сжигания 1 кг сланца будет:

а) углекислого газа CO_2	$\dots\dots\dots 0,7742 \text{ кг}$
б) водяных паров H_2O	$\dots\dots\dots 0,3682 \text{ »}$
в) сернистого газа SO_2	$\dots\dots\dots 0,0990 \text{ »}$
г) свободного азота N_2	$\dots\dots\dots 3,1470 \text{ »}$
д) свободного кислорода O_2	$\dots\dots\dots 0,2660 \text{ »}$

$$\text{Общий вес дымовых газов } G = 4,6710 \text{ кг.}$$

Деля весовые значения состава дымовых газов на соответствующие удельные веса, получаем объемные выражения продуктов горения:

а) Углекислый газ CO_2	$= \frac{0,7742}{1,965} \dots\dots\dots 0,392 \text{ куб. м}$
б) Водяные пары H_2O	$= \frac{0,3682}{0,805} \dots\dots\dots 0,457 \text{ » »}$
в) Сернистый газ SO_2	$= \frac{0,0990}{2,927} \dots\dots\dots 0,034 \text{ » »}$
г) Азот N_2	$= \frac{3,1470}{1,489} \dots\dots\dots 2,515 \text{ » »}$
д) Кислород O_2	$= \frac{0,2660}{1,489} \dots\dots\dots 0,179 \text{ » »}$

$$\text{Общий объем дымовых газов } V = 3,577 \text{ куб. м.}$$

Делая общую сводку, имеем продуктов горения от сжигания 1 кг сланца:

№ п/п	Продукты горения	Обознач.	Вес в кг.	Объем в куб. м.
1	Углекислый газ	CO_2	0,7742	0,322
2	Водяные пары	H_2O	0,3682	0,457
3	Сернистый газ	SO_2	0,0990	0,034
4	Азот	N_2	3,1470	2,515
5	Кислород	O_2	0,2660	0,179
	Всего продуктов горения	Σ	4,6544	3,577

Определение β , постоянной для сланца

$$\beta = \frac{2,37 \left(H = \frac{O - S}{8} \right) - 0,213 CO_2 \text{ макс.}}{C + 0,27 CO_2 \text{ макс.}}$$

Вставляя соответствующие значения, имеем:

$$\beta = \frac{2,37 \left(2,48 - \frac{6,65 - 4,95}{8} \right) - 0,213 \cdot 8,78}{20,46 + 0,27 \cdot 8,78} = 0,154$$

Если принять во внимание механическую неполноту горения, то $\beta^* = 0,171$.

Так как при полном горении должно быть соблюдено равенство:

$$RO_2 + O_2 = 21 - \beta RO_2,$$

$$\text{где } RO_2 = CO_2 + SO_2$$

Отсюда определяем $RO_{2 \text{ макс.}}$

$$RO_{2 \text{ макс.}} = \frac{21}{1+\beta} = \frac{21}{1+0,154} = 18,2\%$$

$$\text{Из формулы } O_2 = 21 - RO_2 (\beta + 1) \text{ и } a = \frac{21}{21 - 79 - 100 - RO_2 - O_2}$$

определяем процентное содержание RO_2 при коэффициенте избытка воздуха в топке $\alpha_m = 1,3$.

Решая совместно два вышеуказанные уравнения, получаем:

$$RO_2 = \frac{21 \cdot 79}{(100\beta + 79) - 21\beta} = \frac{21 \cdot 79}{1,3(100 \cdot 0,154 + 79) - 21 \cdot 0,154} = 13,9\%$$

Объем сухих газов в топке будет при $\alpha_m = 1,3$:

$$V_{\text{сух. газ.}} = \frac{1,86 \cdot C}{13,9} = \frac{1,86 \cdot 18,72}{13,9} = 2,44 \text{ куб. м.}$$

Объем водяных паров в топке имеем при $\alpha_m = 1,3$.

$$V_{\text{вод. пар.}} = 0,112 \cdot H + 0,0124 W = 0,112 \cdot 2,48 + 0,0124 \cdot 10 = 0,402 \text{ куб. м,}$$

откуда имеем полный объем дымовых газов:

$$V = V_{\text{сух. газ.}} + V_{\text{вод. пар.}} = 2,44 + 0,402 = 2,842 \text{ куб. метр.}$$

Если принять избыток воздуха в топке $\alpha_m = 1,3$, а за котлом $\alpha_k = 1,4$; за водяным экономайзером $\alpha_{\text{эк}} = 1,5$ и за воздушным экономайзером $\alpha_{\text{эк}} = 1,55$ и произвести соответствующие подсчеты, то получим результаты, сведенные в нижеследующей таблице:

Место замера и подсчеты	α	RO_2	$V_{\text{сух. г.}}$	$V_{\text{вод. п.}}$	$V_{\text{полн.}}$
В топке	1,3	13,9	2,44	0,402	2,842
За котлом	1,4	12,9	2,62	0,402	3,022
За водяным экономайз.	1,5	12,0	2,82	0,402	3,222
За воздушным	1,55	11,6	2,92	0,402	2,322

Определение температуры точки росы. Объем газов при выходе из воздушного экономайзера нами уже определен:

$$V_{\text{сух. газ.}} = 2,92 \text{ куб. м водяных паров}$$

$$V_{\text{вод. пар.}} = 0,402 \text{ куб. м.}$$

Парциальное давление водяных паров определяется по следующей формуле:

$$P_{\text{вод. пар.}} = \frac{V_{\text{вод. пар.}} \cdot H}{V_{\text{вод. пар.}} + V_{\text{сух. газ.}}} = \frac{0,402 \cdot 760}{0,402 + 2,92} = 92 \text{ мм ртутно-го столба.}$$

Выражая это давление в абсолютных атмосферах, имеем

$$\frac{92}{735} = 0,125 \text{ абс. атм.}$$

Пользуясь таблицей насыщенного пара (Хютте), находим температуру насыщенного пара, соответствующую данному парциальному давлению, т. е. $t = 50^\circ\text{C}$.

Чтобы избежать ржавления экономайзера, рекомендуется питать экономайзер подогретой водой с температурой не менее, чем примерно на 5°C выше температуры точки росы. Следовательно, в нашем случае температура питательной воды должна быть не менее 55°C .

Определение теплоемкости газов. Средняя теплоемкость между 0° и T° продуктов сгорания, полученных из 1 кг топлива, определяется из следующих формул:

$$1) \text{CO}_2 = 0,755 (0,222 + 0,000043T) = 0,167 + 0,0000325 T;$$

$$2) \text{H}_2\text{O} = 0,323 (0,436 + 0,000119T) = 0,141 + 0,0000384 T;$$

$$3) \text{O}_2 = 0,281 (0,216 + 0,0000166T) = 0,061 + 0,0000047 T;$$

$$4) \text{N}_2 = 3,142 (0,246 + 0,0000189T) = 0,773 + 0,0000594 T;$$

$$5) \text{SO}_2 = 0,099 (0,143 + 0,00002951) = 0,015 + 0,0000029 T.$$

$$\Sigma \text{тс} = 1,157 + 0,0004379 T.$$

Определение теоретической температуры горения. На основании опытных данных принимаем:

$$1) \text{Потерю тепла топкой} \dots\dots\dots 3,0\%$$

$$2) \text{Потерю с раскаленными шлаками} \dots\dots\dots 3,0\%$$

$$3) \text{Потерю от механ. недожога (провал)} \dots\dots\dots 8,5\%$$

$$4) \text{Потерю с водой охлад. панели} \dots\dots\dots 2,0\%$$

Откуда коэффициент полезного действия топки равен:

$$\eta_T = 1,00 - (0,03 + 0,03 + 0,085 + 0,02) = 0,835.$$

Температура поступающего воздуха $t_{\text{воз}} = 100^{\circ}\text{C}$.

Тогда $0,835 \cdot 2080 = [1,157 + 0,0004379 (T + 100)] (T - 100)$, откуда $T = 1280^{\circ}\text{C}$, где 2°C есть $Q_{\text{раб}}$.

Ввиду того что в топке решетка в значительной степени перекрыта сводами, принимаем коэффициент прямой отдачи $\delta = 0,10$, тогда действительная температура в топке будет:

$$T = T_T (1 - \delta) = 1280 (1 - 0,1) = 1150^{\circ}\text{C}.$$

Определение площади колосниковой решетки. Для Шуховского котла принимаем напряжение поверхности нагрева: 25 кг. в 1 кв. м. в час.

Тогда нормальная паропроизводительность котла будет:

$$D = 25 \cdot 175 = 4375 \text{ кг пара в час.}$$

Часовой расход топлива при испарительности сланца, равной 2 кг, равен $V = \frac{4375}{2} = 2200 \text{ кг/час.}$

Напряжение решетки по опытным данным равно 230—300 кг, на 1 кв. м. в час.

Принимая напряжение решетки 300 кг, получим площадь колосниковой решетки $R = \frac{2200}{300} = 7,44 \text{ м}^2$

Выбираем по таблице фирмы топку Зейбота:

площадь решетки	7,7 м ²
число секций	3
число колосников в ряду	15
ширина фронта	1704 мм.
» решетки	1896 »
» обмуровки	1940 »

Принимая тепловое напряжение топочного пространства 300 000 кал/м³/час, получим объем топки:

$$V_{\text{топ.}} = \frac{2200 \cdot 2080}{300 \cdot 000} \approx 15 \text{ м}^3.$$

Определение величины поверхности нагрева первого дымохода:

$$H_1 = \frac{V \cdot C \cdot B}{k} \cdot 2,3 \lg \frac{T_r - t_n}{T_{пер} - t_n}$$

$$\text{где: } V = 2,842$$

$$B = 2,200$$

$$K = 20$$

$$T_r = 1150$$

$$T_{пер} = 600$$

$$t_{нас} = 194$$

Теплоемкость газов определяем по Грановскому:

$$C = 0,323 + 0,000018 \cdot t$$

$$C = 0,323 + 0,000018 (1150 + 600) = 0,355$$

$$H_1 = \frac{2,842 \cdot 0,355 \cdot 2200}{20} \cdot 2,3 \lg \frac{1150 - 194}{600 - 194}$$

$$H_1 = 111,0 \cdot 2,3 \cdot \lg 2,3 = 111,0 \cdot 2,3 \cdot 0,362 = 93 \text{ м}^2$$

Определение температуры газов за пароперегревателем. Поверхность нагрева пароперегревателя $H = 55 \text{ м}^2$. Имеем формулу:

$$H_{пе} / K_{пе} \left[\frac{T_{пер} + T'_{пе}}{2} - \frac{t_{пе} + t_k}{2} \right] = D_{пе} (i_{пе} - i_k)$$

Для обозначения имеем следующие величины:

$$K_{пе} = 23$$

$$H_{пе} = 55$$

$$T_{пе} = 600$$

$$t'_{пе} = 350$$

$$t_k = 194$$

$$D_{пе} = 4375$$

$$i_{пе} = 753$$

$$i_k = 667$$

Решая вышеприведенное уравнение по отношению $T'_{пе}$ имеем:

$$55 \cdot 23 \left(\frac{600 + T'_{пе}}{2} - \frac{350 + 194}{2} \right) = 4375 (753 - 667)$$

$$1265 \left(\frac{600 + T'_{пе} - 544}{2} \right) = 376250;$$

$$1265 \cdot 56 + 1265 T'_{пе} = 752500, \text{ откуда}$$

$$T'_{пе} = \frac{681700}{1265} = 540^\circ \text{C.}$$

Определение температуры газа за котлом:

$$H_2 = \frac{V \cdot C \cdot B}{K_2} \cdot 2,3 \lg \frac{T'_2 - t_k}{T_2 - t_k}$$

$$\text{где: } H_2 = 175$$

$$T'_2 = 540^\circ$$

$$t_k = 194$$

$$K_2 = 20$$

$$V = 3,022$$

$$B = 2,200$$

$$H_1 = 175 - 93 = 82 \text{ м}^2.$$

$$C = 0,323 + 0,000018 (540 + 360) = 0,339.$$

$$82 = \frac{3,022 \cdot 0,339 \cdot 2200}{20} 2,3 \lg \frac{540 - 194}{T''_2 - 194}$$

$$\text{Откуда } T''_2 = 360^\circ\text{C}.$$

Определение поверхности нагрева водяного экономайзера. Ввиду незначительного промежуточного боровя между котлом и экономайзером температуру газов при входе в экономайзер принимаем $T_{\text{эк}} = 360^\circ\text{C}$.

Определяем поверхность нагрева экономайзера из следующих двух уравнений:

$$(VC)' T_{\text{эк}} - (VC)'' T''_{\text{эк}} = \frac{D}{B} (t'_{\text{эк}} - t''_{\text{эк}}) + Q_{\text{эк}}. \quad (1)$$

$$N_{\text{эк}} K_{\text{эк}} \left[\frac{T'_a + T''_a}{2} - \frac{t'_a + t''_a}{2} \right] = D (t' - t). \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{Где } T'_a &= 360 \\ T''_a &= 240 \\ t'_a &= 55 \\ D &= 4375 \\ B &= 2200 \\ V' &= 3,022 \\ V'' &= 3,222 \end{aligned}$$

Из уравнения 1 определяем температуру воды, выходящей из экономайзера ($t''_{\text{эк}}$), а из уравнения 2—поверхность нагрева экономайзера $N_{\text{эк}}$, тогда:

$$Q_{\text{эк}} = \frac{Q_{\text{раб}} \cdot q_{\text{эк}}}{100} = \frac{2080 \cdot 1,5}{100} = 30 \text{ кал.}$$

$$C_2 = 0,323 + 0,000018 (360 + 240) = 0,334;$$

$$3,022 \cdot 0,334 \cdot 360 - 3,222 \cdot 0,334 \cdot 240 - \frac{4375}{2200} (55 + t''_{\text{эк}}) + 30.$$

$$\text{Откуда } t''_{\text{эк}} = 93^\circ\text{C}.$$

И наконец, определяем поверхность нагрева экономайзера, полагая $K_{\text{эк}} = 12 \text{ кал/м}^2 \text{ час}$.

$$N_{\text{эк}} \cdot 12 \left(\frac{360 + 240}{2} - \frac{93 + 55}{2} \right) = 4375 (93 - 55).$$

Откуда:

$$N_{\text{эк}} = \frac{4375 \cdot 38}{12 \cdot 226} \approx 62 \text{ м}^2.$$

Экономайзер устанавливаем системы Каблица—ребристый, горизонтального типа с механическими продувочным аппаратом.

Определение температуры дымовых газов, отходящих в дымовую трубу.

Вслед за водяным экономайзером устанавливаем воздушный экономайзер—пластинчатый (ребристый) системы Каблица.

В целях предотвращения ржавления стенок воздушного экономайзера необходимо, чтобы температура стенок со стороны выхода газов была на несколько градусов ($\sim 5^\circ$) выше температуры точки росы, т. е. температура стенки должна быть:

$$t_{\text{ст}} = t_{\text{р}} + 5 = 50 + 5 = 55^\circ\text{C}.$$

Для определения температуры уходящих из воздушного экономайзера газов воспользуемся формулой: $t_{\text{ух}} = 3 t_{\text{ст}} - 2 t'_r$, где $t_{\text{ух}}$ —темпе-

ратура газов, уходящих из воздушного экономайзера t' — температура поступающего в воздушный экономайзер воздуха $= 20^\circ\text{C}$; тогда $T_{\text{у.л.}} = 3,55 - 2,20 = 125^\circ\text{C}$, но, с другой стороны, по экономическим подсчетам температура отходящих газов должна быть около 160°C , которую и принимаем при нашем расчете.

Расчет воздушного экономайзера. Падение температуры газов на протяжении всего экономайзера имеем $240 - 160 = 80^\circ\text{C}$.

На основании опытных данных можно принять, что для подогрева воздуха на $1,2 - 1,4^\circ\text{C}$ газы испытывают охлаждение на 1°C , следовательно, при первоначальной температуре воздуха $= 20^\circ\text{C}$ подогрев воздуха будет $20 + 1,2 \cdot 80 = 116^\circ\text{C}$.

Принимаем $t'' = 100^\circ\text{C}$.

Поверхность нагрева воздушного экономайзера определится из формулы:

$$H_{\text{эк}} = \left[\frac{B \cdot V \cdot \alpha \cdot C_v (t'' - t')}{K_{\text{эк}}} \right] \frac{1}{\frac{T' + T''}{2} \cdot \frac{t' + t''}{2}}$$

Вставляя соответствующие величины, имеем:

$$H_{\text{эк}} = \frac{2200 \cdot 2,42 \cdot 1,3 \cdot 0,3 (100 - 20)}{10 \left(\frac{240 + 160}{2} - \frac{100 + 20}{2} \right)} \approx 120 \text{ м}^2.$$

Таким образом воздушный экономайзер поглощает тепла, отнесенного к 1 кг топлива:

$$VC (t_2 - t_1) = 3,15 \cdot 0,3 (100 - 20) = 75,5 \text{ кал.}, \text{ т. е. использует } \frac{75,5}{2080} \times 100 = 3,6\%.$$

Объем продувов горения перед воздушным экономайзером равен $3,222 \text{ куб. м}$, а в час имеем:

$$V \cdot B = 3,222 \cdot 2200 = 7080 \text{ м}^3 \text{ при } 0^\circ\text{C}.$$

$$\text{и при } T^0 = \frac{240 + 160}{2} = 200^\circ\text{C} \text{ объем газов будет}$$

$$V = 7080 \cdot \left(1 + \frac{200}{273} \right) \approx 12300 \text{ м}^3 \text{час.}$$

Скорость газов принимаем 5 м/сек . Следовательно, площадь F для прохода газов будет нужна $F = \frac{12300}{3600 \cdot 5} = 0,68 \text{ м}^2$.

Определение потери с отходящими газами. Для подсчета потери с отходящими газами пользуемся общеизвестной формулой с поправкой на SO_2 .

$$Q_2 = \left[\frac{1,86 \cdot C' + 0,368 \cdot S}{\text{RO}_2 + \text{CO}} \cdot C_{\text{с.г.}} + \frac{GH + W}{100} \cdot C_{\text{в. пар.}} \right] (T_{\text{у}} - t_{\text{в}}),$$

$$\text{где } T_{\text{у}} = 160; \\ t_{\text{в}} = 20;$$

$C_{\text{с.г.}}$ — средняя теплоемкость сухих газов, можно принять $0,325$.

$C_{\text{в. п.}}$ — средняя теплоемкость водяных паров $C_{\text{в.п.}} = 0,475$.

$\text{CO} = 0$, т. к. химической неполноты горения нет.

$$Q_2 = \left[\frac{1,86 \cdot 18,2 + 0,368 \cdot 4,95}{11,6} \times 0,325 + \frac{9,248 + 10,0}{100} \cdot 0,475 \right] \cdot (160 - 20)$$

$$Q_2 = 161,5 \text{ кал. или } q_2 = \frac{161,5}{2080} \cdot 100 = 7,8\%.$$

Тепловой баланс

$$100\% = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 + q_7$$

Потеря в окружающую среду q_5 складывается из: $q_5 = q_{5m} + q_{5k} + q_{5п} + q_{5эк} + q_{5в}$,
 где q_{5m} — потеря охлаждением топки,

q_{5k} — обмуровкой котла,

$q_{5п}$ — пароперегревателя,

$q_{5эк}$ — теплоты экономайзером,

$q_{5в}$ — воздушным экономайзером.

На основании данных практики и испытаний принимаем:

$$q_{5m} = 3\%; q_{5k} = 2\%; q_{5пер} = 0; q_{5эк} = 1,5; q_{5в.эк} = 1,2.$$

Следовательно, вставляя соответствующие значения, имеем:

$$q_5 = 3 + 2 + 1,5 = 6,5 = 7,7\%.$$

Потери тепла от механической неполноты горения (q_4), как принято было выше, равна: $q_4 = 8,5\%$.

q_6 — потеря тепла с раскаленными шлаками равна 3% ;

q_7 — с водой, охлаждающей панели, равно 2% .

Потерю от химической неполноты горения принимаем равной нулю, так как считаем, что у нас должно быть полное горение.

Итак, тепловой баланс котельной выразится в следующем виде:

Использование котлов	71,0% = q_1
Потеря с уходящими газами	7,8% = q_2
» от химической неполноты горения	0,0% = q_3
» » механической » »	8,5% = q_4
» в окружающую среду и пр.	7,7% = q_5
» со шлаками	3,0% = q_6
» с охлаждающей водой	2,0% = q_7

$$\text{Итого} \quad \dots \quad 100\% = q$$

Расчет подачи подогретого воздуха в топку. Определяем количество воздуха, нагреваемого в воздушный экономайзер. Количество воздуха для сжигания 1 кг топлива нужно $3,15 \text{ м}^3$.

Следовательно, расход воздуха при 20°C в минуту будет:

$$V_{20} = \frac{2200 \cdot 3,15}{60} \left(1 + \frac{20}{373}\right) = 124 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

Учитывая потери в воздухопроводах в 10% , получим:

$$V_{пр} = 124 \cdot 1,1 = 135 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

По таблицам выбираем вентилятор «Сирокко» с 1800 об/мин. производительностью $135 \text{ м}^3/\text{мин.}$, с сопротивлением 51 мм водяного столба. Такой вентилятор затрачивает мощность 2,62 НР.

Объем подаваемого воздуха в топку при 100°C будет равен $V_{100} =$

$$= \frac{2200 \cdot 3,15}{3600} \left(1 + \frac{100}{273}\right) = 2,63 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Задавая скорость воздуха в воздухопроводе $V = 12 \text{ м/сек.}$, получаем сечение воздухопровода:

$$F = \frac{2,63}{12} = 0,22 \text{ м}^2 \text{ и диаметр воздухопровода } D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,22}{\pi}} = 0,53 \text{ м.}$$

Дымососная установка. В виду низкой температуры отходящих газов и большого сопротивления, создаваемого воздушным экономайзером, правильной и целесообразной будет установка искусственной

тяги в виде дымососов прямого действия, нагнетающих газы в общую железную трубу, высоту около 10 м. над крышей котельной.

На каждый котел необходимо поставить по отдельному дымососу. Производительность дымососа будет равна:

$$Lg=1,1V_T$$

где V_T —секундный объем газов в кубометрах, получаемых от сжигания топлива; 1,1—коэффициент запаса.

Выше был найден объем газов от сжигания 1 кг топлива равным $V_0=3,322 \text{ м}^3$ при 0° и 760 мм ртутного столба, часовой расход топлива $B=2200 \text{ кг}$ и температура газов за воздушным экономайзером $T_y=150$.

$$\text{Отсюда } V_T=V_0 \frac{B(1+\alpha T_y)}{3600} = 3,322 \frac{2200 \left(1 + \frac{160}{273} \cdot 1,3\right)}{3600} = 3,22 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Таким образом $Zg=1,1 \cdot 3,22=3,55 \text{ м}^3/\text{сек.}$

По таблицам подбираем дымососы «Сирокко» треста Моссредпром, производительностью $13676 \text{ м}^3/\text{час}$, число оборотов 900 об/мин., с сопротивлением 51 мм водяного столба. Затрачиваемая мощность дымососа 4,43 НР.

Сечение борава за котлом. Количество газов за котлом имеем:

$$V=3,022 \cdot 2200=6650 \text{ м}^3/\text{час.}$$

Принимая скорость газов 4 м/сек., получим сечение борава

$$F = \frac{6650}{3600 \cdot 4} = 0,46 \text{ м}^2.$$

Диаметр газоходов, подводящих газы к дымососам—750 мм, а диаметр общей дымовой трубы основания 1100 мм. Железная дымовая труба, футерованная гончарными цилиндрами. Дымовую трубу можно не выводить до уровня земли, так как под ней проходит узкоколейный путь, по которому вывозятся шлаки, зола и провал от всех котлов, а укрепить к железному каркасу, связанному со стенами котельной.

Питательное устройство. Для питания котлов используем большую часть конденсата от паровых турбин. Считая утечки в пути равными 10%, получим возвращающееся количество конденсата равным:

$4375 \cdot 0,9 + 3900 \text{ кг/час}$. Тогда как часовая потребность в паре равна 4375 кг, следовательно, необходимо добавлять воды в каждый час.

$$4375 - 3900 = 475 \text{ кг/час.}$$

Добавочную воду необходимо подогревать от 5 до 55° . Подогрев идет при помощи острого пара. В случае наличия отработанного пара последний направляется также в подогреватель. Коэффициент полезного действия подогревателя примем 0,95. Тогда расход острого пара в час равен:

$$\frac{475(55-5)}{0,95(750-55)} = 36 \text{ кг/час.}$$

Округляем эту цифру до 40 кг/час.

Весь конденсат стекает в сборный бак, находящийся под уровнем пола, оттуда перекачивается насосом в другой сборный бак, находящийся в котельной наверху. Объем этого бака определяется, исходя из трех часового запаса питательной воды:

$$\frac{3 \cdot 4375}{1000} = 13 \text{ м}^3.$$

Подача воды из бака в котлы осуществляется центробежным насосом, работающим от электромотора. В качестве резервного устанавливается один турбонасос.

Питательная магистраль двойная, параллельная. Диаметр линии 2" к котлам 1 1/2".

Институт
СРЕДНЕТЕКА

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
От автора	4
Глава I. Сырьевая сланцевая база	7
1. Сапропели	7
2. Сланцы	7
А. Ундоровские сланцы	10
Б. Кашпирские сланцы	14
В. Общесыртовские сланцы	19
Глава II. Основные свойства сланца как топлива	25
1. Химический состав топлива	25
2. Характеристика сланца как топлива	27
3. Особенности горения сланца	30
Глава III. Сжигание сланца в голландских печах	33
Памятка-инструкция о сжигании сланца в голландских печах	34
Глава IV. Сжигание сланца в печах специального назначения	37
1. Сжигание в гофманских печах	37
Обжиг извести на сланцах	37
Обжиг кирпича на сланцах	44
Экономические соображения применения сланца	46
2. Во вращающихся цементно-обжигательных печах	48
3. Сжигание сланца в газогенераторах	50
Сжигание сланца в генераторе-реторте Пинча	52
Сжигание сланца в газогенераторе ПОВТИ	55
Глава V. Сжигание сланца под паровыми котлами	60
1. Основные принципы устройства сланцевых топок	60
2. Топка инж. Сильницкого А. К.	62
3. Топка инж. Регирера	64
4. Механическая топка Сильницкого, А. К.	65
5. Механическая топка Соловьева	67
6. Механическая топка Р. Каблица	68
7. Топки с подвижными колосниками	81
8. Топка проф. Ломшакова	88
9. Топки конструкции Поволжского отделения Всесоюзного теплотехни- ческого института (ПОВТИ) для сжигания сланца	91
10. Топка с цепной решеткой	101
11. Дисковая топка инж. Макарьева	106
12. Ручные топки	107
Глава VI. Тепловой расчет котельной установки на кашпирском сланце	112

Редактор А. Кайдалов

Техн. ред. А. И. Щербаков и Л. З. Калистратов

Крайдито Г. № 517. Инд. VI—НТОа. СВОГИЗ № 2035. Тираж 7150 экз. Объем 73/4 п. л. 55500 экз. в п. л. Форм. 62x94/16. Слано в набор 3/IV. Подписано к печати 28/VII—1933 г.

Типография ОГИЗ'а им. Маяги треста Полиграфкина в Самаре Зак. № 213.

КАРТА СЛАНЦЕВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ В СРЕДНЕВОЛЖСКОМ НИЖНЕВОЛЖСКОМ КРАЕ

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:
Разведенные запасы сланца.
Промышленные запасы.
Геологические запасы.

