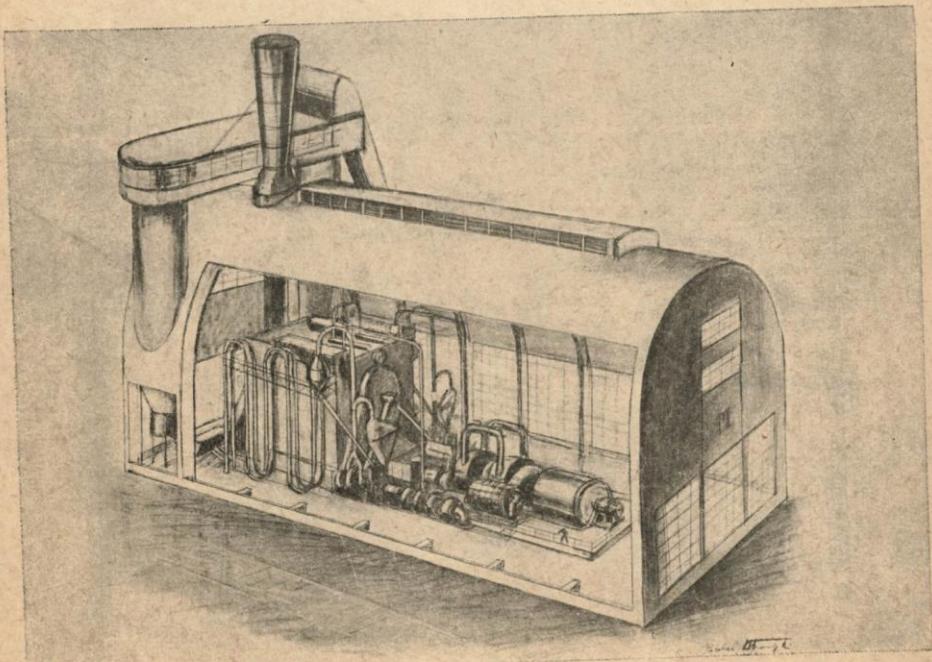


Инж. В. Д. КИРПИЧНИКОВ.

*С. Михалак*

ИНИЦИАТИВНАЯ СТАТЬЯ  
о  
„ТУРБОКОТОЛЕ“.



---

1929.

МОГЭС

---

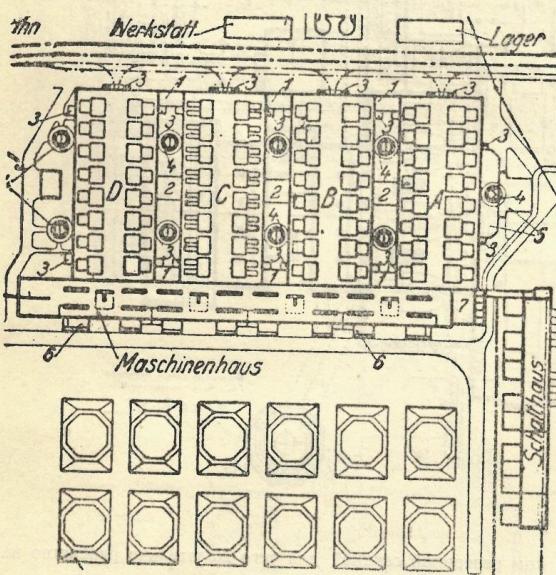
1929

## Инициативная статья о „Турбокотле“.

**Критика современных электроцентралей.** Основными требованиями, предъявляемыми к крупным электроцентрам, являются: дешевизна, экономичность и надежность. Для достижения этих качеств необходимо стремиться при проектировании к компактности, простоте и минимальному числу агрегатов.

С этой точки зрения существующие крупные электроподстанции, как западно-европейские, так и наши, далеки от идеала.

В качестве примера можно привести три наиболее характерные районные станции: тридцатилетняя «старушка», германская станция Гольпа имела по основному проекту 8 турбин на общую мощность 128.000 квт. и 64 котла. Длина ее магистральных паропроводов превосходит 1,5 км. (фиг. 1).



Фиг. 1. Германская станция Гольпа. План.

Наша «молодая красавица» Шатура на 5 турбин общей мощностью 136.000 квт. будет иметь 18 котлов (фиг. 2). Стоимость прекрасно выстроенных фундаментальных зданий станции достаточно велика.

Последнее достижение германской техники—станция Клингенберг (б. Руммельсбург), работающая на пылевидном топливе, имеет 16 котлов на 3 основных турбогенератора по 80.000 квт. (фиг. 3). Высота ее котельных до конька крыши—около 39 м. (фиг. 4). Кроме двух котельных станции имеет столь же сложное здание для приготовления пыли (фиг. 5).

Лучше обстоит дело с новыми строящимися в Америке станциями и нашей Каширои 2-ой, котельная которой спроектирована на основании лучших американских образцов (с участием фирм английской и американской Баблок и Вилькокс и Фуллер). Но и эти проекты достаточно сложны из-за наличия централизованных котельных и пылеприготовительных заводов и несоответствия мощности котлов и турбин.

Рекордная по мощности паровая станция Стейт Лайн, строящаяся в Чикаго, будет иметь 5 турбин на общую мощность 1.040.000 квт. и 30 котлов высокой производительности типа Калиюмет.

Также американская строящаяся станция Голланд с рабочим давлением пара 80 ат. будет иметь всего 2 котла и 1 двухвальную турбину мощностью 55.000 квт. (фиг. 6).

Проект последнего нашего достижения—Каширы 2-ой предвидит установку 5-ти котлов для двух турбин по ок. 50.000 квт. (фиг. 7). Котельная имеет 6 этажей и высоту 45 м. (фиг. 8).

Стоимость центральной котельной и централизованного пылеприготовительного завода (фиг. 9), запроектированного с учетом последних достижений германской

техники (с участием фирм Буказ и Пфайфер), достигает 220 руб./квт.

Большая стоимость котельного оборудования (100 руб. на 1 квт, не считая здания) объясняется: 1) сложностью централизованной схемы, при которой, например, приходится каждый котел присоединять к четырем паропроводным и стольким же питательным магистралям; 2) большим резервом в котельной и трубопроводах.

При современном подходе, когда котлы строятся не как машины непрерывного действия, и имеют ряд деталей, подверженных быстрому износу и загрязнению, приходится мириться с таким большим процентом резерва, который не распространяется на турбинное оборудование.

Строительные расходы только по машинному и котельному зданию, пылеприготовительному заводу и питательной насосной достигают крупной цифры 8,5 милл. р. и доходят до 30% от полной их стоимости.

В настоящее время пришлось принять этот проект для исполнения, так как ничего лучшего и притом проверенного на практике ни из европейского, ни из американского опыта извлечь не представляется возможным; но мириться с таким положением и сложить руки было бы величайшим преступлением инженера.

Из рассмотрения таблицы 1-ой можно видеть определенную тенденцию увеличения мощности как турбин, так и котельных агрегатов, особенно при пылевидном топливе, и в то же время уменьшение количества котлов на одну турбину; но все же в этих установках нет равенства мощностей котла и турбины. Только на Балтиморской станции Гольд Стрит достигнуто такое равенство при мощности единиц в 36.000 квт. и при одном резервном котле (фиг. 10).

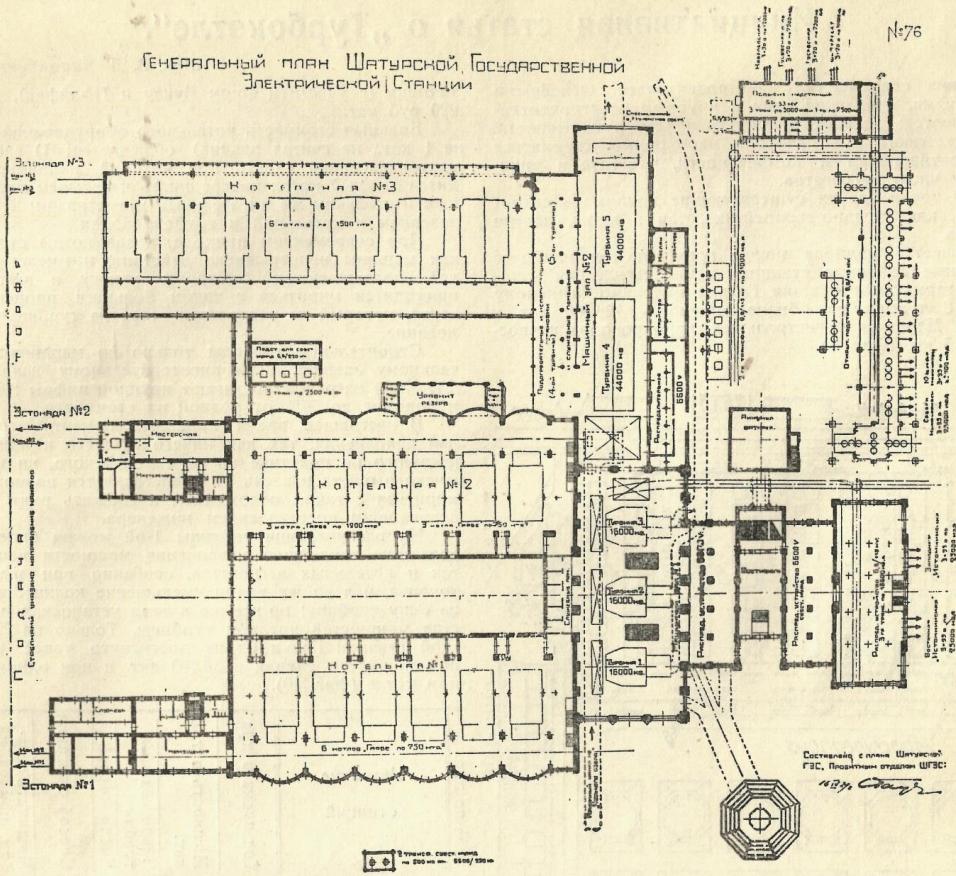
№ по пор.	Название станций	Год пуска в ход	Мощность в тыс. квт.	Способ сжигания			Мощность турбин, приход на 1 котел в тыс. квт.	Число котлов, приход на наибо-
				Число главных турбин	Число котлов	Число сжигания		
1	Станция Гольпа (Германия) .	1916	128	8	64	реш.	2	8
2	Шатурская станция им. Ленина.	1925	136	5	18	"	7,5	4
3	Ст. Клингенберг (Германия) .	1926	270	3	16	пыль	17	5
4	Кашира 2 .	1930	100	2	5	"	20	2,5
5	Стейт Лайн (Чикаго) .	1929	1040	5	30	"	35	6
6	Голланд. (США)	1929	55	1	2	"	27,5	2
7	Балтиморская станция (США)	1927	144	4	5	"	36	1,25

Пылевидное топливо, как предпосылка упрощения электроцентралей. Сжигание угля в виде пыли, которое усложняет и удороожает оборудование современных электроцентралей, должно в будущем упростить и уделить их до предела.

Идея пылевидного топлива, тая в себе громадные возможности, должна сделать революцию в области теплового хозяйства и в корне изменить конструкцию и формы крупных электроцентралей. Но почти до последних дней фирмы, занимающиеся пылевидным оборудованием, приспособляют старые машины к этому новому способу, пытаются «вливать новое вино в старые меха» и ставят «заплаты», когда они не выдерживают напора новых сил.

Паровые сушилки, взятые с брикетных заводов, цементные мельницы, газовые форсунки, котлы, созданные для цепных решеток, топочные камеры для нефтяного топлива—вот основные модели, используемые для приготовления и сжигания пылевидного топлива. Громадные топки, являющиеся уродливыми наростами на конструкциях обычных котлов, выработанных десятилетием, и не составляют с ними одного органического целого.

Эти новые конструкции, как неудачные исключения, только подтверждают то положение, что для пылевидного топлива еще не созданы такие новые машины, в ко-



Фиг. 2.

торых учтены все его особенности и богатейшие возможности.

Не углубляясь в данной статье в подробный анализ проблемы пылевидного топлива, я укажу только на те его основные свойства, которые еще не реализованы в современных промышленных конструкциях: 1) способность мелкого сырого топлива почти мгновенно отдавать свою влагу при быстром движении в газовой среде, соответствующей температуре и влажности. 2) способность топлива, особенно мягких углей и торфа, измельчаться в пыль при трении и ударе частиц, двигающихся с достаточной скоростью, 3) почти мгновенно (сотые доли секунды) горание пылевидного топлива при соответствующих условиях (сухость, достаточная тонина пымола, горячий воздух, тщательное перемешивание смеси пыли и воздуха, высокая температура ядра горения, быть может пульсация факела).

Два первых свойства открывают возможность создания простейшей аппаратуры для приготовления пыли. Третье свойство предопределяет новую конструкцию котла-топки, которому будут принадлежать рекорды мощности, дешевизны, компактности, надежности и экономичности и который может быть приспособлен для такой же длительной работы, как и турбина.

Основные принципы турбокотла. В дальнейшем я хочу наметить конструктивную форму будущих электроцентралей на пылевидном топливе.

Во главу угла проектирования я предлагаю сложить следующие принципы:

В тепловом оборудовании станции проводится полная секциональность, иными словами, станция делится на самостоятельные части, в каждой из которых имеются все механизмы, нужные для превращения сырого угля в электрическую энергию. Никаких соединительных трубопроводов между соседними частями не устраивается. В случае порчи котла или турбины секция заменяется цели-

ком резервной секцией, для чего желательно равенство их мощности.

Мощность основных механизмов — турбогенератора и котельного агрегата — делается равной.

Все пылеприготовительное и котельное оборудование проектируется с таким же запасом прочности и теми же сроками износа, как и турбинное.

Вся аппаратура каждой секции располагается в одном помещении, и, по возможности, с одним горизонтом обслуживания, что позволяет до высшего предела упростить и удешевить здание, которое явится простым футляром, защищающим оборудование и персонал от холода, дождя и ветра.

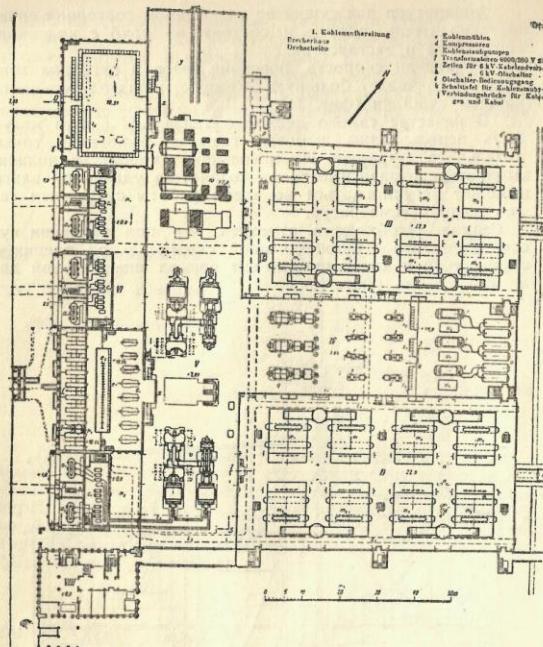
Все механизмы конструируются компактными, а соединительные трубопроводы между ними и арматура доводятся до минимума; в результате весь агрегат займет небольшой об'ем и площадь.

Управление полностью централизуется и автоматизируется.

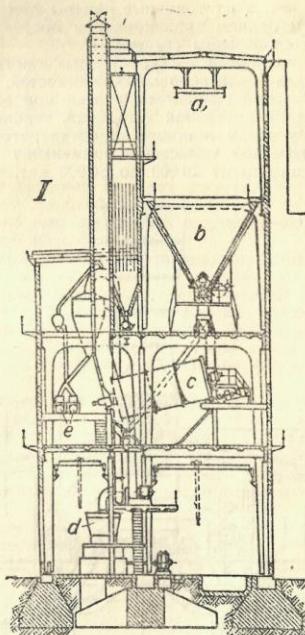
Такую самодовлеющую секцию, об'единяющую в себе установку для приготовления пыли, котельный агрегат, турбогенератор и всю вспомогательную аппаратуру я назвал «турбокотлом» и совершенно уверен, что будущие электроцентрали на пылевидном топливе будут состоять из таких агрегатов.

Техническое описание частей турбокотла. Выбор способа скижания топлива. Переходя к технической характеристике турбокотла и его отдельных частей, я прежде всего должен указать, что в основу проектирования следует положить скижание топлива в пылевидном состоянии.

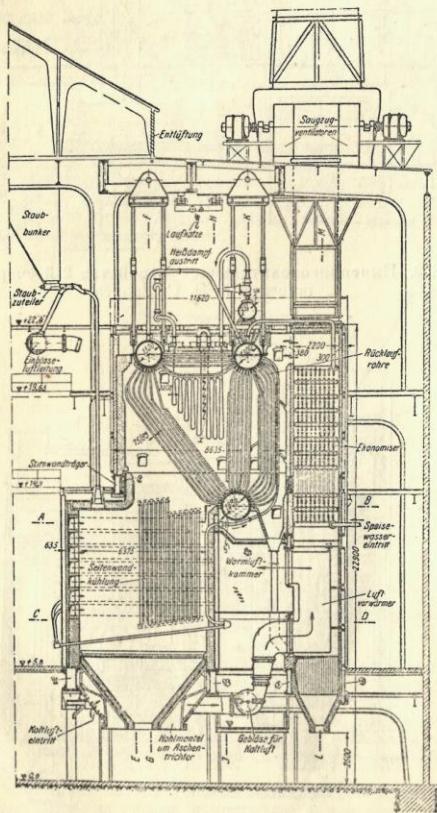
Такой выбор об'ясняется тем, что имеющиеся в настоящее время колосниковые решетки для скижания насыщих углей и торфа далеко не так надежны, как, например, турбогенераторы, а мощность котла при скижании кускового топлива не может быть увеличена свыше 10—12 тысяч киловатт. Между тем, при пылевидном топливе и давлении 100 ат. могут быть построены котлы мощностью



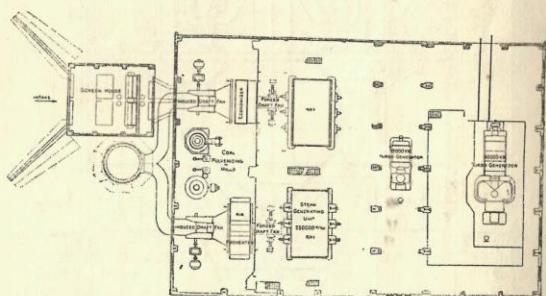
Фиг. 3. Станция Клингенберг. План.



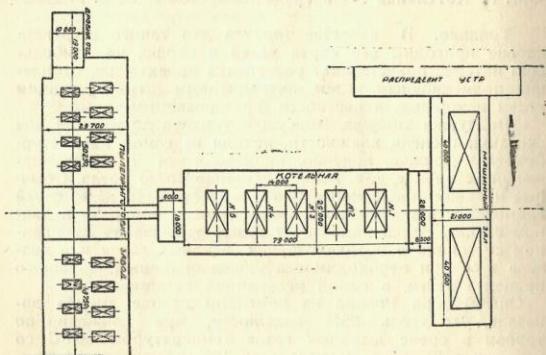
Фиг. 5. Пылеприготовительное  
устройство станции Клингенберг.  
Разрез.



Фиг. 4. Котельная станции Клингенберг. Разрез.



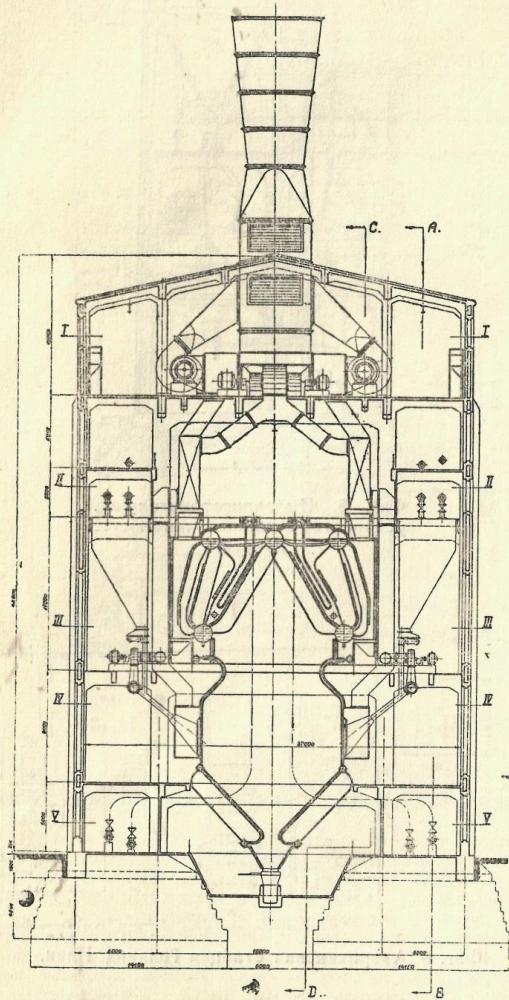
Фиг. 6. Американская станция Голланд. План.



Фиг. 7. 2-я очередь Каширской Г. Э. С.  
Схематический план.

до 60—80.000 квт, а их топочные камеры при надлежащей конструкции и полном экранировании могут быть с полным основанием называны «вечными».

**Масштаб мечности.** «Турбокотлы» могут, конечно, проектироваться и для небольших мощностей, но наибольший экономический эффект получится при замене таким агрегатом целой котельной установки, строящейся ныне для снабжения паром мощного турбогенератора. Поэтому наиболее интересной областью применения турбокотла являются мощности от 20.000 до 80.000 квт.



Фиг. 8. Котельная 2-й очереди Каширской Г. Э. С. Разрез.

**Топливо.** В качестве топлива для такого агрегата вполне пригодны все сорта углей и торфа, но наибольший интерес представляет разработка проекта для отопления подмосковным углем, антрацитовым штробом, тощим углем и торфом, в частности фрезерованным.

**Подсушка топлива.** Подсушка топлива до нужной для сжигания степени влажности, исходя из самой идеи «турбокотла» должна, конечно, производиться в индивидуальной установке, т.-е. непосредственно возле котла. Обычные паровые (барабанные) и газовые сушилки из-за своей громоздкости и большой стоимости мало подходят в данном случае. Здесь намечается сушилка топлива во взвешенном состоянии в потоке горячих дымовых газов или воздуха или, при необходимости удаления лишь небольшого процента влаги, в самой мельничной установке.

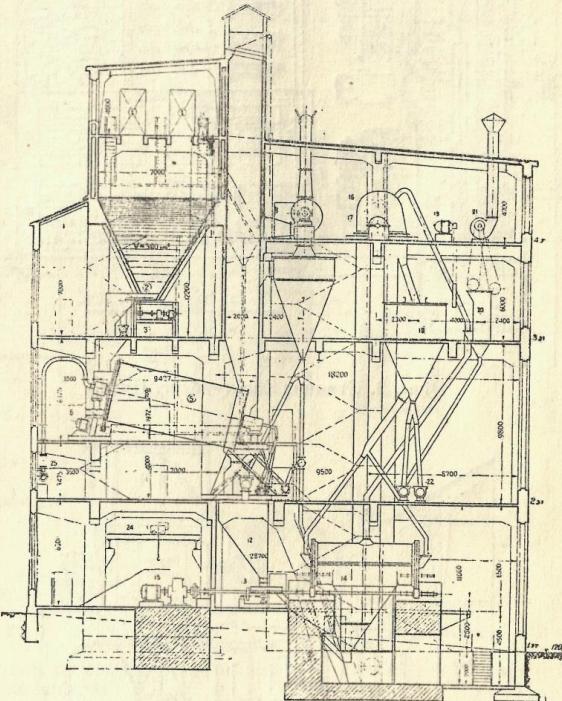
Опыты д-ра Розина на немецком заводе «Рема» доказали, что уголь 35% влажности, при движении по трубам в среде дымовых газов температурой 600°C со скоростью 40 м/сек., высыхает до 10% влажности по проходе 40 м, т.-е. в течение 1 сек. При этом газы также в 1 сек. успевают охладиться до 100°, что обуславливает очень высокий коэффициент полезного действия сушилки.

Аппаратура для сушики во взвешенном состоянии сравнительно очень проста и состоит из труб с коленами, сепаратора и экскаватора.

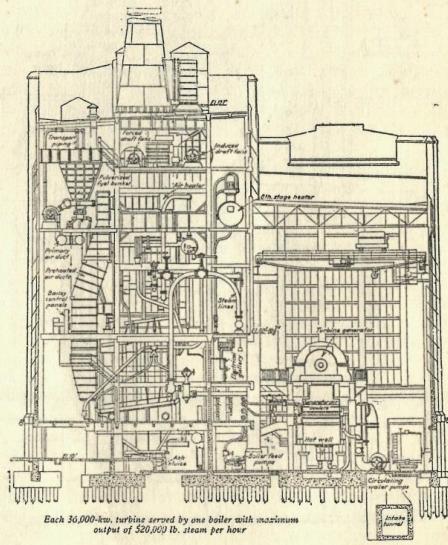
Громадная скорость движения газов и кусочков топлива обеспечивает большую об'емную производительность каждой сушилки (фиг. 11).

В качестве самого дешевого тепла для сушики могут быть использованы дымовые газы из различных точек котельного агрегата. Их начальная температура должна выбираться в зависимости от количества удаляемой влаги и может регулироваться во время работы смешением газов разных температур.

**Размол.** Необходимо отметить, что при движении кусочков топлива с такой большой скоростью от трения о стени труб и колен происходит размол значительной доли его в пыль (фиг. 12).



Фиг. 9. Пылеприготовительное устройство 2-й очереди Каширской Г. Э. С. Разрез.

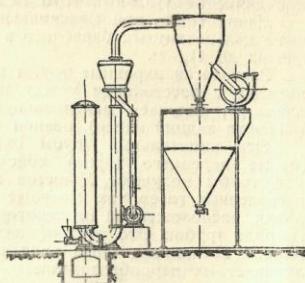


Фиг. 10. Балтиморская станция Ганди Стрит. Разрез.

Опыты английской фирмы Теструп и Грант показали, что мелкий торф при такой сушке целиком превращается в пыль, которая прекрасно сгорает в пылевых топках.

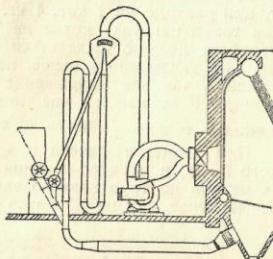
Чтобы усилить размалывающее действие сушильного устройства можно использовать быстрое движение частиц топлива для удара этих частиц о неподвижную стальную плиту (кусок корабельной брони).

Фиг. 11. Установка Рема для сушки во взвешенном состоянии.



Дальнейшее увеличение размалывающего эффекта может быть произведено за счет увеличения скорости потока газов и частиц топлива, путем конической насадки перед самой плитой. Необходимо отметить, что скорость частиц угля в быстроходных мельницах (напр. Резолютор) составляет около 70 м/сек. Такая же скорость может быть создана и насадкой.

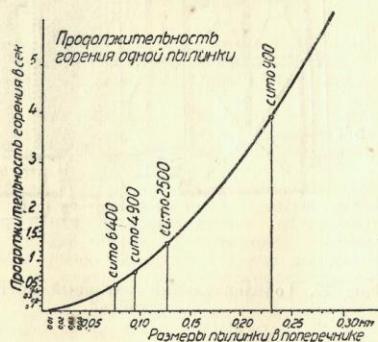
Фиг. 12. Установка для сушки и размола торфа во взвешенном состоянии системы инж. В. Д. Кирпичникова и Б. В. Мокршанского.



Таким образом, размалывать во вращающихся мельницах придется не все топливо, а только его небольшую часть, а при торфе можно совсем обойтись без мельниц.

При такой малой роли вращающихся мельниц их система не играет большой роли, лишь бы они могли работать непрерывно долгое время.

Фиг. 13. Зависимость скорости горения пыли от тонкости помола.



Для размола подмосковного угля и антрацита, вероятно, целесообразно взять шаровые мельницы с воздушной сепарацией готовой пыли (типа Кеннеди или ЮМГа) и хорошей акустической изоляцией; для мягких тощих углей и торфа вполне пригодны быстроходные мельницы типа Симплекс также с воздушной или (для торфа) газовой сепарацией.

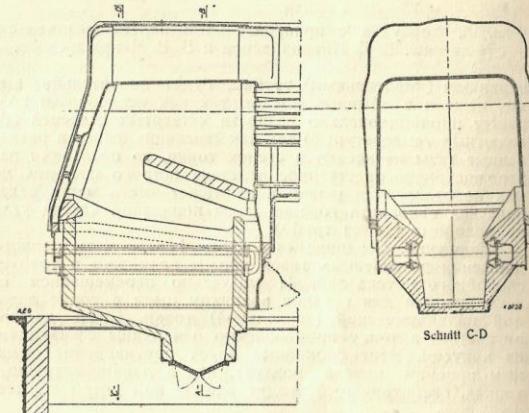
Во избежание потерь топлива и тепла с уходящими из сушилок и мельниц газами и воздухом и для того, чтобы избавиться от установки обессылающих устройств, все газы и воздух вместе с выделившимися из топлива водяными парами направляются в топку.

Якобы вредное действие водяных паров в котельном агрегате ограничивается небольшой потерей тепла на перегрев этих паров с температурой выхода из сушилки, т.е. около 100°, до температуры уходящих газов, которая по экономическому подсчету, вероятно, будет выбрана равной 150°. Таким образом, вместо потери тепла-газов или воздуха и паров, уходящих обычно из сушилок в атмосферу, в данном случае будет потеряна только ничтожная доля этого тепла.

**Процесс горения.** В целях уменьшения объема топочной камеры и доведения до нуля потерь от неполноты горения необходимо стремиться к ускорению процесса горения пылевидного топлива.

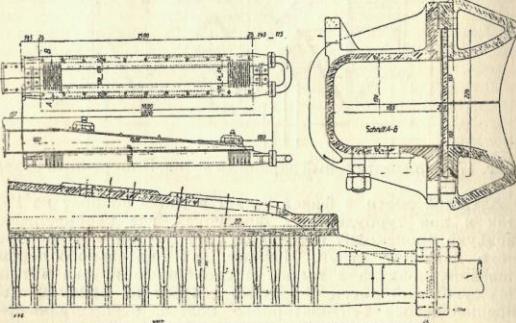
Факторами, благоприятствующими такому ускорению, являются: высокая тонкость помола, сухость топлива, тщательное перемешивание всего воздуха с пылью, высокая температура воздуха и высокая температура факела. Быть может полезной окажется пульсация факела, способствующая вытряхиванию кусочков кокса из образовавшихся вокруг них в начале горения оболочек нейтральных газов.

По опытам д-ра Розина горение буроугольной пыли с размером пылинок около 0,1 мм<sup>1</sup>) в обычной топке с температурой 1.300° продолжается 0,7 секунды (фиг. 13). В таких топках выделяется в час до 200.000 калорий на 1 куб. м. объема. В локомотивах АЕГ только за счет лучшего перемешивания удалось достигнуть выделения на



Фиг. 14. Пылевидная топка А. Е. Г. для локомотивов.

1 куб. м. в 10 раз большего количества тепла; причем температура горения в металлической топке поднялась до 1.600°C. (фиг. 14 и 15). Считая с полным основанием скорость горения, приблизительно, пропорциональной количеству выделяемого тепла на единицу объема топочного пространства, можем определить скорость горания в топке АЕГ меньше 0,1 сек. Дальнейшее ускорение горения за счет большей тонкости пыли, горячего воздуха и автоматически повышающейся температуры факела может сделать горание практически мгновенным.

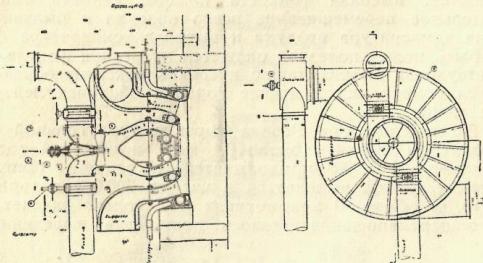


Фиг. 15. Форсунка для пыли системы А. Е. С. (для локомотивов)

1) Сито 4.900 отверстий на 1 кв. см.

При таком мгновенном сгорании факел займет ничтожный объем, в десятки раз меньшей обычных топочных камер. Этот факел необходимо сделать «висящим» в центре топочной камеры, чтобы он во всех своих частях отстоял на достаточное расстояние от стенок топки.

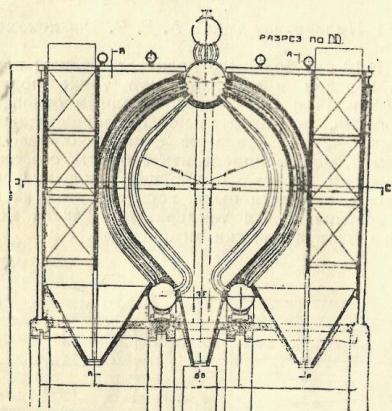
Получающиеся после полного сгорания раскаленные газы должны достигать стенок топки только после достаточного (приблизительно до 1.000°) охлаждения. При соблюдении этих требований будут достигнуты следующие новые условия горения вследствие увеличения скорости горения: 1) факел сконцентрированного мгновенного сгорания будет иметь температуру, близкую к теоретической температуре сгорания, т. е. около 1.800°, 2) тепло, отданное лучеиспусканием факела и раскаленных газов



Фиг. 16. Форсунка с принудительным перемешиванием системы инж. В. Д. Кирпичникова и Б. В. Мокршанского.

экранным (кипятильным) трубам, будет значительно выше, нежели в обычных котлах, так как теплота отдачи возрастет пропорционально разности четвертых степеней абсолютных температур; 3) так как «висящий» факел и раскаленные газы не касаются стенок топки, то последним не угрожает непосредственное действие острого пламени, на них не отлагаются шлаки и не может иметь места механическая неполнота горения из-за попадания частиц угля на холодные стеки труб<sup>1)</sup>.

**Форсунки.** Создание «висячего» факела и медленного движения раскаленных газов вполне возможно и требует спокойного впуска заранее тщательно перемешанной со всем нужным для горения воздухом пыли в торце длинной цилиндрической (туннельной) топки. Смесь должна вспыхнуть в топку прямолинейно или лучше сужающимся конусом. Этот спокойный впуск противоречит обычным приемам впуска воздуха, как в длинно-пламенных топках, где вторичный воздух входит под углом к пыле-



Фиг. 17. Горизонтальный экранный котел. Поперечный разрез.

воздушной смеси, а факел делает в топке поворот на 180°, так и при турбулентных форсунках, где перемешивание воздуха происходит в топке за счет быстрого вихреобразования движения струй. Нужные, для тщательного перемешивания воздуха с пылью и спокойного впуска в топку пылеугольной смеси, форсунки состоят из принудительного вращающегося вентиляторного колеса, осуществляющего

<sup>1)</sup> Примечание редакции: Но это не исключает возможности тепловой перегрузки трубок и их перегорания.

смещение, и неподвижных лопастей, выпрямляющих струи воздуха перед входом в топку (фиг. 16).

**Туннельная топка и горизонтальный экранный котел.** Конструктивное оформление туннельной топки осуществляется в горизонтальном экранном кotle. В этом кotle диаметр туннельной топки может колебаться от пяти до семи метров. Последняя цифра соответствует строительной длине кипятильных труб 12 м.

Длина топки при максимальной длине изготавляемых цельнотянутых барабанов в 12,5 м. может быть увеличена до 11,5 м.

Располагая экранные трубы в два ряда в шахматном порядке с расстоянием между ними равным внешнему диаметру, получаем максимальную экранную поверхность (включая задний экран), равной около 900 кв. м.

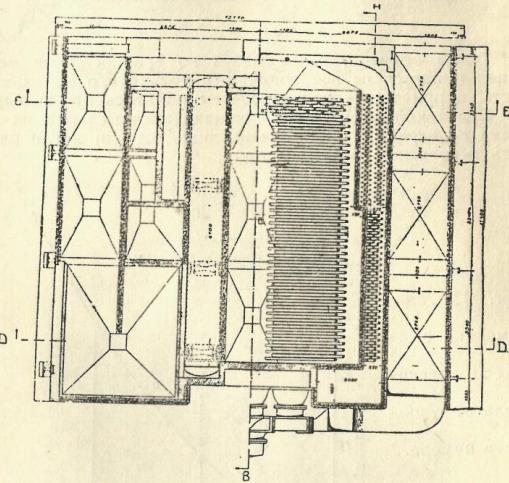
Эти кипятильные трубы окружают со всех сторон (кроме переднего торца) топочное пространство, причем трубы получают лучистое тепло, как от факела и раскаленных газов, так и отраженно от раскаленной обмуровки, расположенной на некотором расстоянии от второго ряда трубок. Это обстоятельство создает более равномерное восприятие тепла кипятильными трубками и увеличивает их парообразование.

Нагрузка экранных поверхностей в обычных котлах достигла уже цифры 200 кг. нормального пара кв. м. в час, что соответствует при давлении пара 100 ат. и подогреве питательной воды до 250°, с'ему пара 300 кг. кв. м. в час.

В данном случае, есть все основания ожидать дальнейшего увеличения этой цифры.

Таким образом, если добавить еще конвекционную поверхность, равную экранной, горизонтальный экранный котел может дать до 300 тонн пара в час, что соответствует, при расходе на 1 квт. 4 кг. пара, мощности 75.000 квт. При такой нагрузке котла на 1 куб. м. топочного пространства должно выделяться в час ок. 400.000 калорий, что, как указывалось выше, не должно внушать никаких сомнений, так как напряжение факела может быть доведено до 2 м. кал./м.<sup>3</sup> час. иными словами, факел будет занимать только  $\frac{1}{5}$  часть обема топки.

При диаметре факела в 4 м. его длина будет равна всего 7,5 м., и процесс горения будет закончен, не доходя 4-х метров до труб заднего экрана, а факел будет отстоять не менее, чем на 1,5 метра от боковых экранных труб.



Фиг. 18. Горизонтальный экранный котел с туннельной топкой.

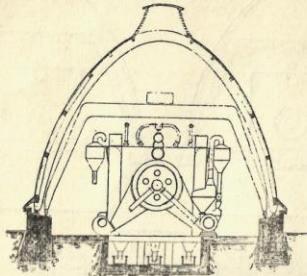
Помимо полного обеспечения правильного протекания описанного нового процесса горения пылевидного топлива, выбор горизонтального экранного котла в данном случае мотивируется:

1) полным отсутствием в нем топочной обмуровки, подверженной вредному влиянию особо высоких температур;

2) горизонтальным расположением, дающим возможность поместить котел в низком одноэтажном здании;

3) пригодностью к высокому давлению, так как отсутствие сопротивлений (камер, соединительных труб и пр.) обеспечивает хорошую циркуляцию воды и при высоком давлении.

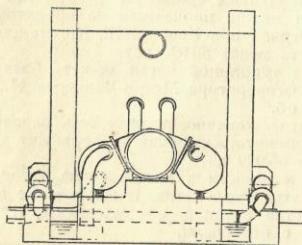
**Пароперегреватели.** По выходе из топочной камеры дымовые газы будут иметь температуру около 900°, т. е. нужную и безопасную для пароперегревателя. При непосредственной близости котла к турбине и наличии всего одного котла на турбину вполне возможно и рентабельно применить многократный перегрев пара газами, но с целью повышения надежности работы турбины следует ограничиться умеренной температурой перегрева.



Фиг. 19. Эскиз турбокотла. Разрез по котлу.

**Конвекционная поверхность.** Необходимая для достаточного понижения температуры газов, конвекционная поверхность образуется несколькими рядами труб, вальцованных в те же барабаны котла, что и экранные трубы.

Такая поверхность, удачно комбинирующаяся с другими частями котельного агрегата и не требующая для своего создания ничего, кроме труб, должна стоить очень дешево.



Фиг. 20. Схема расположения турбины и конденсаторов турбокотла.

Эта конвекционная поверхность может быть выполнена и иначе, и в частности заменена экономайзерами типа Калимет, т. е. соединенными с паровым пространством котла.

Коэффициент теплопередачи в пароперегревателях и конвекционной поверхности, вследствие движения газов перпендикулярно к трубкам и густому их размещению, получится достаточно высокий.

Для дальнейшего повышения следует, по возможности, увеличить скорость дымовых газов. Очистка наружных поверхностей должна производиться обдувочными аппаратами. Внутренняя чистота обеспечивается питанием котла конденсатором, утечка которого в таком компактном агрегате не должна иметь места. Проникновение в конденсатор охлаждающей воды должно быть исключено соответствующей конструкцией сальников конденсаторных трубок или их разводьковкой.

Для небольшого добавка должен быть предвиден небольшой испаритель.

**Воздухоподогреватель.** Поверхность нагрева воздухоподогревателя должна быть выбрана максимальной, в зависимости от располагаемой температуры газов и экономических соображений, так как при данной конструкции топки нет никаких препятствий для применения горячего воздуха любой температуры. Наоборот, ее повышение скажется благоприятно на процессе горения.

**Давление пара.** Выбор рабочего давления пара в турбокotle может произойти исходя из совершенно иных предпосылок, чем обычных паровых установках, где из-за больших стоимостей сложных паропроводов и самого котла приходится в наших условиях ограничиваться

давлением порядка 30 ат., не требующим вторичного перегрева пара. При турбокotle соединительные трубопроводы могут быть сокращены и упрощены до предела, а котел при переходе на высокое давление удешевляется только за счет большей стоимости цельнотянутых барабанов. С учетом меньшего объема, нужного для пара высокого давления и сокращения потребления пара, стоимость установки при переходе на 80—100 ат. увеличится очень немного.

Применение критического давления 224 ат. как в процессе Бенсона прежде всего, вследствие малого опыта работы с такими установками и нецелесообразности соединять проверку новой идеи турбокотла и другой, пока еще спорной, идеи, не вылившейся в окончательную конструктивную форму.

**Золоудаление.** Золоудаление располагается в небольшом подвале под котельным агрегатом и намечается при помощи потоков обратной охлаждающей воды по бетонным каналам, с открыванием зольных шиберов при помощи моторов на расстоянии.

**Турбина.** Выбор мощности и типа турбины в пределах 20—8000 квт, ничем не ограничен. Часть среднего и низкого давления в целях компактности безусловно обязательно выполнить одновальной. Турбину высокого давления, работающую более экономично при большом числе оборотов из-за ее меньшей надежности и во избежание сложных косозубчатых передач, целесообразно снабдить отдельным генератором.

Вторичный перегрев пара перед цилиндром среднего давления целесообразно в данном случае производить газами, а не паром, так как при обычных системах перегрева паром имеет место энергетическое обесценивание (повышение энтропии) как нагревающего, так и нагреваемого пара.

Регулирование перегрева можно производить вприсканием конденсата.

В целях упрощения паропроводов и пароперегревателя следует просчитать два варианта перегрева пара перед цилиндром низкого давления: 1) при помощи пара высокого давления в эжекторе, в котором происходит одновременно смешение пара высокого и среднего давления и компрессия обоих быстroredвижущейся струей первого; этот процесс более выгоден с энергетической точки зрения, чем обычный перегрев через металлические поверхности, 2) при помощи конденсации пара высокого давления в поверхностном перегревателе.

**Регенеративный цикл.** Перегрев воды за счет регенеративного цикла, как главный фактор, повышающий экономическость установки высокого давления, должен быть использован как можно полнее.

**Фундамент.** Во избежание высоких железобетонных колонн и балок, стоящих сотни тысяч рублей и создающих два этажа обслуживания, конденсаторы намечается расположить рядом с турбиной низкого давления.

**Конденсаторы.** При этом весь турбинный агрегат базируется на невысоком сплошном бетонном (а не железобетонном) постаменте, а два конденсатора рядом с ним непосредственно на полу машинного зала. Конденсаторы, конечно, должны быть сконструированы по последнему слову техники и выполнены с надежным уплотнением трубок в днищах. Чистка конденсаторов должна быть предусмотрена во время работы.

**Привод вспомогательных механизмов.** Для приведения в движение вспомогательных механизмов желательно применить непосредственный привод от вала турбины, так как при обычном приводе от электромотора, помимо большой стоимости электрооборудования, теряется не производительно до 20% энергии, что соответствует понижению полезной отдачи установки на 1%. Наличность у турбогенератора двух валов облегчает подбор числа оборотов вспомогательных механизмов. В крайнем случае придется прибегнуть к косозубчатым передачам, имеющим достаточно высокий коэффициент полезного действия. Механизмы, работа которых необходима при пуске турбокотла, как-то: питательный насос, нефтяные форсунки, масляный насос, быть может, небольшой насос охлаждающей воды—должны иметь независимый источник энергии, т. е. электромотор, питаящийся от сети или быстроходный двигатель внутреннего сгорания.

Конденсатный насос, который должен быть расположен ниже конденсатора, целесообразно приводить в движение от вертикального вала регулятора турбины. Для отсоса воздуха напрягается паровой эжектор. Питательный насос, приводимый в движение от вала «форшальта» турбины, должен иметь 2 корпуса для включения между ними водоподогревателя высокого давления. Циркуляционные насосы, мельницы, дымососы и вентилятор

могут приводиться в движение от главного вала турбины. Для механизмов, требующих регулировки (моторы заслонок, питатели, моторы вентиляй) и потребляющих мало энергии, имея в виду управление на расстоянии и автоматизацию его, следует установить электромоторы.

**Управление.** Все электрические и тепловые контрольные аппараты и все кнопки и рычаги для управления турбокотлом должны быть централизованы и сгруппированы на панелях, что даст возможность довести обслуживающий персонал до двух человек в смену.

По всей вероятности, в данном случае легко окупятся аппараты для автоматического управления всеми процессами.

**Электрическая часть.** Электрическая часть турбокотла, вследствие почти полного отсутствия электро-моторов, может быть выполнена очень просто и дешево; повышенный трансформатор непосредственно соединяется со своим генератором, коммутация же производится на стороне высокого напряжения.

Питание немногочисленных мелких моторов может производиться через трансформатор, присоединенный к клеммам генератора через масляник собственного расхода.

**Здание.** Здание для размещения всего оборудования турбокотла мыслится в виде футляра, защищающего машины и персонал от дождя, холода и ветра.

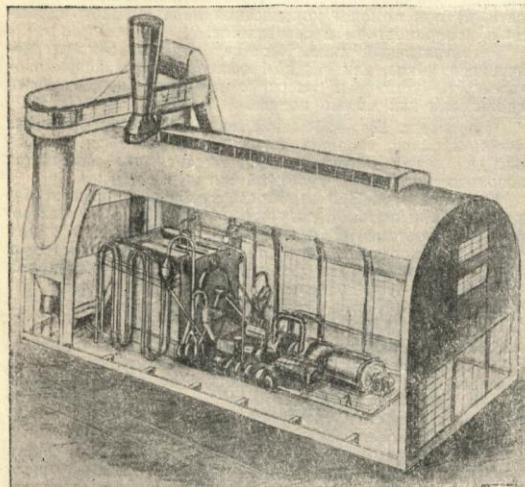
Такое здание в виде ангаров может быть выполнено из отдельных арок с тонким перекрытием между ними.

Каркас может быть выполнен из железобетона, дерева или железа, а перекрытие из дерева или тонкого железобетона с торфяными плитами.

Так как все оборудование расположено в одном этаже, то никаких междуэтажных перекрытий и лестничных клеток строить не придется, и стены и каркас должны быть рассчитаны только на удержание самих себя.

**Кран.** Вместо обычного мостового крана в данном случае напрашивается установка порталного крана, перемещающегося по рельсам, уложенным на обрезе фундаментов стен.

Два турбокотла могут быть установлены в одном длинном здании турбинами друг к другу и обслуживаться общим порталным краном. Мощность такой станции может быть доведена до 160.000 квт.



Фиг. 21. Эскиз турбокотла.

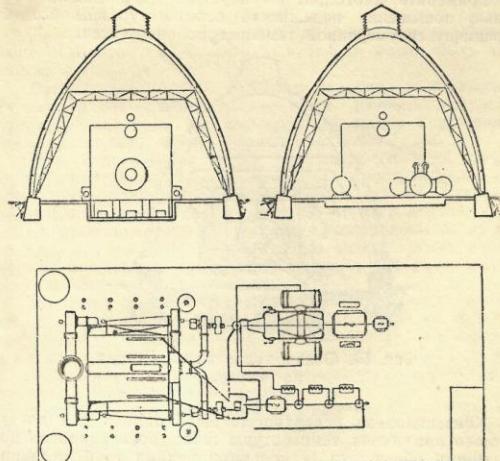
**Бункера.** Бункера проектируются высокие, цилиндрической формы, на отдельном независимом от здания стуле, с выпуском угля на небольшой высоте над полом.

Такая конструкция дает возможность значительно удешевить их по сравнению с обычными бункерами прямоугольной формы, располагаемыми на большой высоте.

**Выбор мощности.** Заканчивает эскизное техническое описание, необходимо остановиться на выборе мощности подлежащего проекту первого турбокотла.

Наличность разработанного проекта горизонтального экранного котла поверхностью нагрева 950 кв. м. и производительностью 100 т. пара в час, давлением в 27 ат. и чертежей (у Ленинградского металлического завода) более

или менее корреспондирующего этому котлу турбогенератора Метро-Виккерс мощностью 22.000 квт., при давлении 25 ат. и 3.000 оборотов, побуждает остановиться как на легчайшей задаче, на мощности турбокотла порядка 30.000 квт., включая форшальт турбины.



Фиг. 22. Схема электрической станции с турбокотлом.  
План и разрезы.

Необходимо оговориться, что при переходе на давление 100 ат. придется частично переработать и проект котла.

Однако, наилучшее сравнение турбокотла с обычным типом станции можно произвести на проектах Бобриковской сверхцентрали или Каширы III, где мощность единиц не должна быть менее 50.000 квт.

Разработка турбинной части может базироваться на чертежах турбогенератора Метро-Виккера 44.000 квт. при 25 ат. и 1.500 об.

Проект котла, конечно, должен быть разработан вновь. Мощность турбокотла, включая и форшальт турбины, получится около 55.000 квт.

На такой мощности я и предлагаю остановиться.

**Преимущества турбокотла.** В заключение вкратце указу преимущества станций, оборудованных турбокотлами, по сравнению с обычными.

Первоначальные затраты могут быть значительно сокращены за счет упрощения здания, фундаментов, трубопроводов, уменьшения резервного вспомогательного оборудования, электроснабжения собственных механизмов, за счет индивидуального пылеприготовления, комбинирования топки с котлом и удешевления самого котла.

Применение высокого давления, тройного перегрева пара и полной регенерации тепла, компактность оборудования, отсутствие расхода пара на собственные нужды и потеря в паропроводах, автоматизация управления процессами, непосредственный привод всех крупных вспомогательных механизмов повысит коэффициент полезного действия установки до рекордной цифры.

При полной механизации и автоматизации всех процессов, централизации управления и контроля, количество обслуживающего персонала будет доведено до минимума, а вместе с этим сократится размер поселка и расходы на него.

Наконец, турбокотлы, как вполне законченные силовые установки, не нуждаются в установке в одном месте, как это принято делать для районных электроцентралей.

Отдельные турбокотлы при наличии высоковольтной сети могут устанавливаться в любой ее части ближе к центрам нагрузки, не требуя мощных электропередач сверхвысокого напряжения.

В конкретном примере сети МОГЭС вместо постройки Бобриковской сверхцентрали можно было бы установить ряд турбокотлов в разных местах: два в Бобриках или Кашире, два в разных пунктах высоковольтного кольца (на том же угле), два в Твери, быть может еще один в Шатуре. Предлагаемая децентрализация вполне возможна, так как для обслуживания такого типа установок не нужно создавать возле них «узедильных» городов, как это делается в настоящее время. Отсутствие резерва на месте при наличии высоковольтной связи, не грозит никакими особыми неприятностями и осложнениями.