

374551
А. В. Кавадиров

2

**ПРОМЫШЛЕННЫЕ
ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ
ГАЗОГЕНЕРАТОРЫ**

Металлургия
1945

Инж. А. В. КАВАДЕРОВ
(ВНИИТ)

66
K-72

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ГАЗОГЕНЕРАТОРЫ

837322



ГОСУДАРСТВЕННОЕ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ ПО ЧЕРНОЙ И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ
Свердловск 1945 Москва

ВВЕДЕНИЕ

Отечественная война вызвала интенсивный рост промышленности, связанный с организацией новых производств, перенесением работавших предприятий в новые районы и условия, с широким строительством и освоением новых цехов и предприятий, приспособлением подавляющего большинства действующих предприятий к выполнению продукции для нужд фронта.

Соответственно этому в значительной мере изменились, возросли требования к работе тепловых агрегатов, в частности — металлургических печей, которые почти на всех переделах определяют как количественные, так и качественные показатели производства.

В настоящее время, к работе металлургических, плавильных, прокатных, кузнечных, термических и других печей предъявляются требования строго выдерживать заданный технологический режим и обеспечивать высокое качество металла, при использовании, в основном местного и, относительно, менее качественного топлива. На многих местных и переведенных из других районов предприятия с исключительной остротой встал вопрос о замене жидкого топлива, а также и электронагрева различными видами твердого топлива и, в первую очередь, — также местного.

В указанных выше условиях, при сооружении новых агрегатов, или приспособлений существующих, обязательно обеспечение возможности проведения всех строительных и монтажных работ в короткие сроки и при минимальных затратах, что в свою очередь определяет необходимость выбора предельно простых конструкций как агрегата в целом, так и его отдельных деталей.

Наиболее полно указанные требования удается удовлетворить путем организации газового отопления металлургических печей, имеющего ряд существенных преимуществ по сравнению с другими способами.

Так, несмотря на относительную простоту и дешевизну ручных колосниковых топок для твердого топлива, ряд существенных недостатков в их работе, а именно: трудность достижения заданных технологией требований (например распределения температур по объему камер, получения желаемого состава атмосферы и др.), невозможность выдерживать строгого постоянства режима, в связи с периодичностью загрузки топлива и чистки топки, тяжелый физический труд при обслуживании топок, и, наконец, труд-

ность автоматизации управления, во многих случаях вынуждают отказаться от их применения. Сооружение полугазовых и шахтных (генераторных) топок хотя и смягчает некоторые из указанных недостатков, но полностью их не устраняет, а обслуживание таких топок, пожалуй, требует даже больших усилий и более высокой квалификации персонала, чем обслуживание слоевых топок. В ряде случаев необходимость вписаться в малые габариты и невозможность увеличить внешние размеры существующих печей, из-за тесного расположения оборудования в цехах, полностью исключают возможность применения топок для твердого кускового топлива.

Механические топки типа «Стокер», с плоскошурющими решетками, или подобные им, обеспечивают постоянство режима, однако они могут удовлетворительно работать на угле далеко не всех марок. Кроме того, сложность изготовления относительно многочисленных деталей препятствует широкому внедрению таких топок на печных установках малой мощности.

Отопление металлургических печей угольной пылью хотя и имеет существенные достоинства (возможность автоматизировать процесс, обеспечить постоянство режима, эффективно использовать низкосортные виды топлива и топливные отходы без увеличения габаритов печей и др.), однако широкое применение его лимитируется отсутствием дешевого размольного оборудования, соответствующей производительности, а в некоторых случаях затрудняется технологическими требованиями (например при отоплении низкотемпературных печей, при недопустимости загрязнения поверхностей золой и др.).

Газовое отопление печей, при правильной его организации, позволяет обеспечить любые практически необходимые температуры в печи и их распределение по объему рабочего пространства, устойчивый режим, автоматизацию его регулирования. Управление газовыми печами не требует затраты тяжелого физического труда, необходимый состав атмосферы печи достигается легко. Процесс сжигания топлива происходит наиболее экономично. В цехе легко поддерживается необходимая чистота. Могут быть обеспечены минимальные габариты печных агрегатов; легко производится перевод с мазутного отопления на газовое.

Указанные достоинства газового отопления создают благоприятные условия для широкого его внедрения на металлургических предприятиях, и действительно в настоящее время этот способ отопления промышленных печей применяется, в подавляющем большинстве случаев, не только для вновь сооружаемых агрегатов, но и для разнообразнейших типов и конструкций уже действующих печей большой и малой мощности.

Понятно, что в качестве топлива для газовых печей на металлургических предприятиях в первую очередь используется доменный и коксовальный газ, однако далеко не все заводы имеют такое газовое топливо и в количествах, полностью удовлетворяющих потребности печных установок. Поэтому широкое применение имеет генераторный газ, получаемый из различных сортов и марок твердого топлива.

Несмотря на то, что получение генераторного газа неизбежно связано с необходимостью производства значительных затрат на изготовление специального оборудования вызывает дополнительные эксплуатационные расходы и потери тепла в самих газогенераторах, существенные преимущества газового отопления печей покрывают эти затраты и потери и делают его в подавляющем большинстве случаев рентабельным.

Этот вывод, в первую очередь может быть сделан применительно к установкам «горячего», т. е. неочищенного газа, не имеющим газоочистных устройств. Высокий термический коэффициент полезного действия таких установок (не ниже 90%) значительно меньше первоначальные капитальные затраты и текущие эксплуатационные расходы, а также отсутствие загрязненной фенолами сбросной воды, спуск которой обычно причиняет заводам серьезные затруднения, представляют значительные преимущества, по сравнению с генераторными станциями холодного газа, особенно в период военного времени, когда требуется ввод в эксплуатацию оборудования в самые сжатые сроки.

Для получения генераторного газа обычно сооружают центральные газогенераторные станции, состоящие из нескольких мощных газогенераторов, объединенных в одном здании и связанных с потребителями газа более или менее разветвленной сетью газопроводов. Значительное протяжение газовой трассы вызывает необходимость сооружения устройств для очистки газа от пыли, смолы и влаги. Такие установки в период мирного строительства были типовыми, и только цеховые газогенераторные станции (сталеплавильных, прокатных и огнеупорных цехов), выполнялись иногда без газоочистных сооружений.

Сооружение центральных заводских или цеховых газогенераторных станций вполне целесообразно при их большой мощности, а также при необходимости обеспечения газом крупных и концентрированно расположенных потребителей. Однако, во многих случаях сооружение центральных станций, или сосредоточение в одном месте нескольких крупных газогенераторов затруднительно или нерационально. Так, на действующих предприятиях встречаются трудности в выборе места для центральной станции, особенно при сооружении установок «горячего» газа, когда расстояние до потребителей ограничивается условиями эксплуатации газопроводов. При чрезмерно длинных и разветвленных газопроводах и сильном охлаждении газа выпадение конденсата влаги и смолы приводит к серьезным эксплуатационным осложнениям (особенно в холодные периоды года) и понижает надежность обеспечения потребителей газом. По этим причинам, а также вследствие значительности затрат на выполнение разветвленной газовой сети, сооружение центральных станций может оказаться нерентабельным при потребителях малой и средней мощности, расположенных группами или по одиночке на большой территории. Это относится в первую очередь к случаям применения топлива с невысоким содержанием влаги, когда возможность использования «горячего» газа, представляющаяся по заданным температурным условиям

позволяет уменьшить капитальные затраты на сооружение и достигнуть значительно более высокий термический коэффициент полезного действия газогенераторной установки.

В таких случаях лучшим решением задачи газоснабжения представляется сооружение индивидуальных газогенераторов, расположенных в непосредственной близости к потребителям, а иногда даже составляющих с последними органически цельный агрегат.

В качестве индивидуальных генераторов могут быть применены как газогенераторы обычных размеров, т. е. такие же как устанавливаются на газостанциях, так и генераторы уменьшенных габаритов. За последние годы, особенно в период войны, выявилась большая потребность в сооружении газогенераторов малой мощности и габаритов, имеющих производительность, по условному топливу, от 1 до 5 т в сутки, или от 0,3 до 1,5 млн. кал/час.

Если по конструкциям газогенераторов нормальных размеров и характеристике их работы на различных видах топлива, в отечественной и переводной технической литературе есть достаточно обширный и надежный материал, то по индивидуальным и групповым¹ газогенераторам малых размеров такого материала почти нет². Отдельные описания, носящие скорее случайный характер, и отрывочные данные эксплуатации совершенно недостаточны для выбора конструкций, а также расчетных и эксплуатационных характеристик.

Накопленный за последние годы значительный опыт применения генераторов малых габаритов совсем не освещен, хотя они находят себе широкое применение в промышленности. Необходимость обобщения опыта эксплуатации таких газогенераторов, популяризации хорошо зарекомендовавших себя конструкций и характеристик их работы на различных видах топлива стала очевидной.

Настоящая брошюра и ставит своей задачей восполнить этот пробел по промышленным газогенераторам малых размеров, а именно — обобщить накопленный за последнее время на Урале опыт эксплуатации различных конструкций, дать анализ их работы, описать конструкции, в большей степени оправдавшиеся на практике, выбрать для них расчетные и эксплуатационные характеристики.

Такой материал во многих случаях поможет предприятиям черной и цветной металлургии разрешить задачу газификации своего печного хозяйства и этим сократить потребление жидкого топлива, а на ряде заводов — и электроэнергии.

¹ Обслуживающим группы печей.

² Описанные в технической литературе газогенераторы очень малых габаритов, типа транспортных, не находят себе широкого применения в промышленности, ибо мощность их значительно меньше потребной единичной мощности металлургических печей.

1. ПРИМЕРЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ И АНАЛИЗ ИХ РАБОТЫ

Организованное и более или менее широкое применение индивидуальных газогенераторов на Урале началось с 1936—1938 гг., когда на ряде заводов: Усть-Катавском, Златоустовском инструментальном, Омском им. Куйбышева, Лысьвенском металлургическом, было спроектировано, сооружено и пущено в эксплуатацию несколько установок для снабжения газом нагревательных печей кузнечных и термических цехов. Несколько позднее была сооружена и пущена группа газогенераторов на Полтаво-Брединской ЦЭС для питания газовых двигателей. На этих предприятиях газогенераторы расположены в непосредственной близости к потребителям газа, а в некоторых случаях даже примыкают к ним. Однако они представляют собою вполне законченную обособленную конструкцию и могут рассматриваться как самостоятельно действующие агрегаты. Конструкции газогенераторных топок, т. е. устройств, органически связанных с конструкцией печей и объединенных с последними общей арматурой, в настоящей работе не рассматриваются, хотя за указанный период времени (1936—1938 гг.) такие топки также получили довольно широкое распространение.

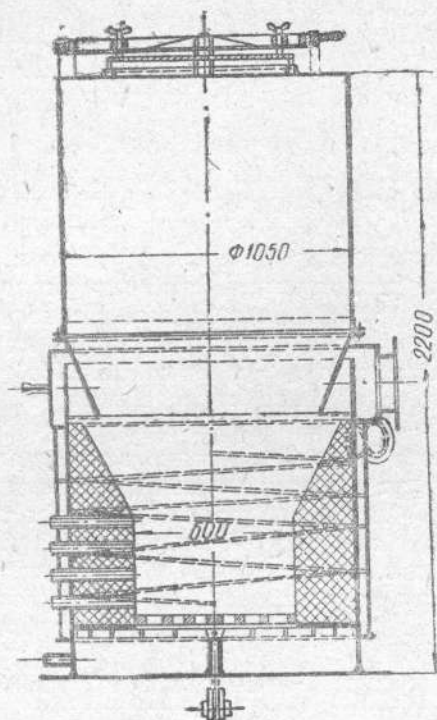
Ниже приводится описание некоторых, из наиболее заслуживающих внимания, конструкций индивидуальных газогенераторов и характеристика их работы на различных видах топлива, полученная по материалам наблюдений в периоды пуска, освоения и эксплуатации и по данным специально поставленных испытаний.

Первый опытный газогенератор на Усть-Катавском заводе

Первый опытный газогенератор, сооруженный на Усть-Катавском заводе, был спроектирован научно-исследовательским бюро Главтрансмаша. Общий вид его представлен на фиг. 1. Генератор имеет цилиндрический железный кожух, футерованный в нижней части огнеупором. Диаметр кожуха 1,05 м и футеровки в свету 0,60 м. Общая высота газогенератора—2,2 м, определяет максимальную общую высоту слоя топлива и шлака примерно в 2 м. Полезная высота слоя, от решетки до газоотбора, около 0,7 м. Горизонтальная колосниковая решетка снабжена рычажными ударны-

ми встряхивателями. До подогрева воздуха, подаваемого под колосники, сооружена внешняя металлическая рубашка по футерованной части генератора. Газоотбор — кольцевой, конусный, металлический. Крышка генератора одинарная и уплотнена асбестовой прокладкой.

Практика работы на генераторе описанной конструкции показала ряд существенных его недостатков, не позволивших передать его в постоянную эксплуатацию. Конусная кольцевая коробка



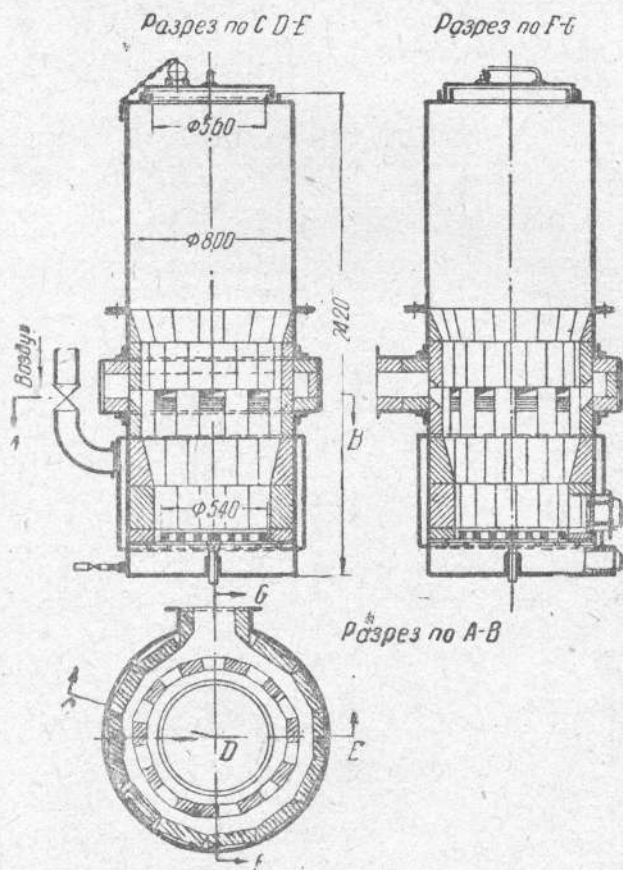
Фиг. 1. Первый опытный газогенератор
Усть-Катавского завода.

газоотбора коробилась и перегорала, а кроме того вызывала зависание топлива. Крышка генератора не обеспечивала необходимой герметичности. Работа встряхивающего приспособления для решетки, а также устройство воздухоподогревающей рубашки оказались малоэффективными. Произведенная замена крышки другой, с песочным затвором, также себя не оправдала, как и изменение конструкции кольцевого металлического газоотбора.

В последующие конструкции генераторов, выполненные на Усть-Катавском заводе, были внесены значительные изменения, по сравнению с первой, опытной. Из них ниже описаны три конструкции, находившиеся относительно длительное время в эксплуатации и проверенные в работе специальными исследованиями.

Газогенератор № 2 кузнечного цеха Усть-Катавского завода

Эта конструкция, так же как и две описанные ниже, спроектирована работниками завода. Опыт работы представлен по материа-



Фиг. 2. Общий вид газогенератора № 2 кузнечного цеха Усть-Катавского завода.

лам завода¹ и Уралсибэнергочермета (бывш. Урал. Сиб. отд. Оргэнерго)², которым в 1937 г. были проведены испытания газогенераторов для выявления эксплуатационных характеристик.

Общий вид газогенератора № 2 кузнечного цеха представлен на фиг. 2. Цилиндрический кожух из 7-мм листового железа имеет

¹ Инж. В. В. Денисов, «Конструкции и практика эксплуатации индивидуальных генераторов у печей» Ленинград, 1939 ВНИТОЭ. Материалы конференции по тепловому хозяйству промышленных предприятий.

² Инж. Н. А. Евсеев, Испытание индивидуальных газогенераторов Усть-Катавского завода. Неопубликов. отчет Уралсибэнергочермета (б. Урал. отд. Оргэнерго), 1937.

Характеристика конструкций

Место установки газогенератора и его номер	Внутр. диаметр шах- ты, м	Расчетная площадь се- чения шахты, м ²	Тип колосниковой решетки	Площ. живого сечения решетки, %	Максимальная общая высота слоя, м	Максимальная полезная высота слоя, м
Усть-Катавский завод, кузнечный цех, газогене- ратор № 2	0,56	0,246	Горизонтальная с приспособлением	—	2,10	0,685
Усть-Катавский завод кузнечный цех, газогене- ратор № 4	0,67	0,352	Т о ж е	—	2,25	0,95
Усть-Катавский завод, литейный цех	0,89	0,622	Горизонтальная неподвижная	—	1,80	1,53
Златоустовский инстру- ментальный завод	0,62	0,302	Горизонтальная с встряхивающим приспособлением	30	2,30	0,75
Омский завод им. Куй- бышева	0,55х 0,7	0,385	Горизонтальная не- подвижная	17	1,4	1,30
Лысьвенский завод, кузнечный цех	0,90	0,635	Горизонтальная качающаяся	—	2,4	0,9
Полтаво-Брединская ЦЭС	0,94 (1,16)	0,692	Горизонтальная неподвижная	—	1,25	1,25

индивидуальных газогенераторов

Тип газо-отбора	Общая площадь газоотводных каналов, м ²	Тип загрузочного устройства	Диаметр загрузочного устройства, м	Полный объем внутренней части генератора, м ³	Полезный объем генератора, м ³	Высота от уровня пола до загруз. площадки, м	Габаритные размеры генератора в плане, м
Периферийный кольцевой	0,046	Люк с плоской крышкой, с вод. уплотнением	0,56	0,87	0,20	2,40	Ø=1,12
Односторонний	0,027	Люк с крышкой без вод. уплотнения	0,40	1,08	0,33	2,50	Ø=0,95
Т о ж е	0,055	Люк с крышкой без вод. уплотнения	0,40	1,31	1,04	2,10	Ø=1,25
Периферийный кольцевой	1,157	Люк с крышкой без уплотнения	0,56	1,07	0,25	2,15	Ø=1,0
Односторонний	0,043	Боковая загрузочная коробка	0,48x x0,88	0,61	0,50	1,40	1,1x2,0
Периферийный кольцевой	0,130	Загрузочная коробка с конусным и водяным затвором	0,5	1,85	0,57	2,10	Ø=1,6
Односторонний	0,05	Коробка с двойным затвором и юбкой	0,6	1,04	0,86	2,53	φ=1,6

Характеристика работы
(по средним данным за

Место установки и номер газогенератора	Внутренние размеры нижнего сечения шахты, м	Высота слоя топлива и шлака, м		Характеристика марка
		полная высота	полезная (от колосников до газоотбора)	
Усть-Катавский завод. Газогенератор № 2 кузн. цеха ¹	0,56	1,25—2,0	0,70	Анжеросудженский уголь . . .
То же, газогенератор № 4 кузнечного цеха ¹	0,67	1,17—2,1	0,95	То же
То же, газогенератор сталелитейного цеха ¹	0,89	0,94—1,45	0,94—1,45	Коксик 87% древесных опилок 13%
Златоустовский инстр. завод ²	0,62	—	0,75	Коксик сортирован.
То же	0,62	—	0,75	Анжеросуджен. уголь
То же	0,62	—	0,75	Челяб., Серго Уфалейский
То же	0,62	—	0,75	Коксик рядовой
Омский завод им. Куйбышева ³	0,55×0,70	1,0	1,0	Сибирский уголь
То же	0,55×0,70	0,5—0,67	0,5—0,67	Антрацит
То же	0,55×0,70	0,83—1,0	0,83—1,0	Древесная чурка
Лысьвенский завод, кузнечный цех ⁴	0,90	2,20	0,90	Кольчугинский уголь Д рядовой
То же	0,94	2,20	0,90	Прокопьевский каменный уголь
ЦЭС треста Полтаво-Бредуголь ⁵	1,16	1,25	1,25	Коксовая мелочь
То же	1,16	1,25	1,25	Полтаво-Брединский антрацит, шахта № 5-бис

¹ Н. А. Евсеев, Неопубликован. отчет Уралсибэнергочермета (б. Орг завода).

² П. С. Прохоров, Индивидуальные газогенераторы и генераторные ВНИТОЭ, Ленинград, 1939.

³ Евсеев, Испытание нагревательной печи с генераторной топкой на Омс (б. Ур. отд. Оргэнерго), 1941.

⁴ К. В. Маликов, Освоение работы индивидуальных газогенераторов 1942.

⁵ К. В. Маликов, Пуск и установление режима газогенераторов на ЦЭС

индивидуальных газогенераторов
период наблюдения)

топлива				Продолж. наблю- дений, час	Давление, мм вод. ст.		Температура, °С	
W ^p %	A ^{co} %	крупность кусков, мм	Q _{н.р.} , кал/кг		паро- возд. дутья	газа	паро- возд. дутья	газа
—	—	>5	7280	16	40—60	3—6	68—80	800
—	—	>5	7280	16	80—100	2—3	45—55	780
5,6	13,5	>10	6046	16	40—60	4—7	67—80	680
—	—	>15	—	8	32	4	—	630
—	—	15+50	—	10,5	—	4	—	750
—	—	>15	—	9,8	40—60	1	—	750
—	—	>20≈11,5%	—	5,5	—	5	—	550
10,7	8,8	<4≈27,6% 12+50	6855	32	23—50	2,0	55—73	530
4,7	9,6	>12	6751	7	14—39	1,4—5,0	45—62	608
19,3	2,2	—	3377	5	3,6	1,3	Без пара	343
—	6,3	<8 мм—50%	—	—	67	—	51	387
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	10—25	—	9	—	—	—	450
11,8	10,4	>10	5800	60	—	—	—	—

энерго), 1937. «Испытание индивидуальных газогенераторов Усть-Катавского топки. Материалы конференции курсов по тепловому хозяйству промпредприятий ком заводе им. Куйбышева. Неопубликованный отчет Уралсибэнергочермета Лысьвенского завода на кизеловских углях. Неопубликованный отчет ВНИИТ, греста Полтаво-Бредуголь. Неопубликован. отчет ВНИИТ, 1942.

Место установки и номер газогенератора	Марка топлива	Производительность генератора, кг/час		
		натурал. топливо	условное топливо	удельная, производ. в натур. топливе, кг/м ² час
Усть-Катавский завод газогенерат. № 2 кузн. цеха	Анжеросудженский уголь	42	43,7	183
То же, газогенератор № 4 кузнечного цеха	То же	62,5	65,0	188
То же, газогенератор сталелитейного цеха	Коксик 87%, древесные опилки 13%	92,5	80,0	148
Златоустовский инстр. завод	Коксик сортиров.	80	—	267
То же	Анжеросудженский уголь	69	—	230
То же	Челяб., Серго Уфалейск.	106	—	353
То же	Коксик рядовой	70	—	233
Омский завод им. Куйбышева	Сибирский уголь	43,5	42,6	111
То же	Антрацит	55,2	53,5	131
То же	Древесная чурка	77,0	37,2	197
Лысьвенский завод, кузнечный цех	Кольчугинский уголь марки Д, рядовой	53	—	80
То же	Прокопьевский каменный уголь	100	—	145
ЦЭС треста Полтаво-Бредуголь	Коксовая мелочь	102	—	97
То же	Полтаво-брединский антрацит, шахта № 5-бис.	—	—	—

Таблица 2 (продолжение)

Состав сухого газа, объемы., %					Калорийность сухого газа, ккал/н.м ³	Содержание горючего в шлаке, %
CO ₂	O ₂	CO	H ₂	CH ₄		
7,3	0,2	21,2	11,2	2,4	1133	25
7,0	0,2	22,4	12,2	2,5	1209	35
4,8	—	26,8	7,8	1,6	1152	42
3,0	0,6	28,8	9,4	1,0	1200	—
7,2	0,6	16,7	9,1	1,8	—	—
6,5	0,3	23,8	9,2	1,8	1120	—
7,0	0,3	22,4	9,6	1,8	1090	—
6,8	—	24,5	11,7	2,5	1256	13,5
4,6	—	25,6	11,8	1,3	1189	13,5
7,4	—	26,9	10,6	2,9	1334	0,1
6,2	0,2	26,5	13,7	1,17	1259	—
6,3	0,2	24,5	14,6	2,2	1315	—
6,1	0,2	27,2	14,1	0,47	1225	—
8,8	0,2	19,2	9,6	0,74	960	—

внутренний диаметр 0,8 м. Нижняя часть кожуха футерована шамотом; на уровне шлаковой подушки диаметр ее в свету составляет 0,56 м, а на уровне газоотбора — 0,67 м. Газоотбор кольцевой, футерованный, расположен на высоте 0,685 м над колосниковой решеткой. Колосниковая решетка, чугунная горизонтальная, имеет также встраиваемое приспособление. Воздух, поступающий от вентилятора Руга № 4, подогревается в рубашке генератора, так же, как и в первой конструкции, облегающей футеровку, затем подается в металлическую коробку под решеткой, куда подведен пар. Верхняя, не футерованная часть генератора имеет высоту от газоотбора до крышки около 1,45 м и служит в качестве топливного бункера. Емкость генератора 0,87 м³. Полная высота кожуха 2,42 м, а от решетки до крышки 2,1 м. Крышка загрузочного отверстия одинарная, снимается вручную и имеет уплотняющий кольцевой водяной затвор. В крышке сделано одно пиковочное отверстие. В нижней части кожуха предусмотрены закрывающиеся дверками отверстия: из них одно — для чистки решетки, а другое — для уборки шлака, провалившегося сквозь решетку в дутьевую коробку.

Основные данные по конструкции газогенератора сведены в табл. 1.

Материалы, характеризующие работу газогенератора на анжеросудженском угле, просеянном на сите с размерами ячеек 5×5 мм, приведены в табл. 2, в виде средних величин за период 16-часовых наблюдений.

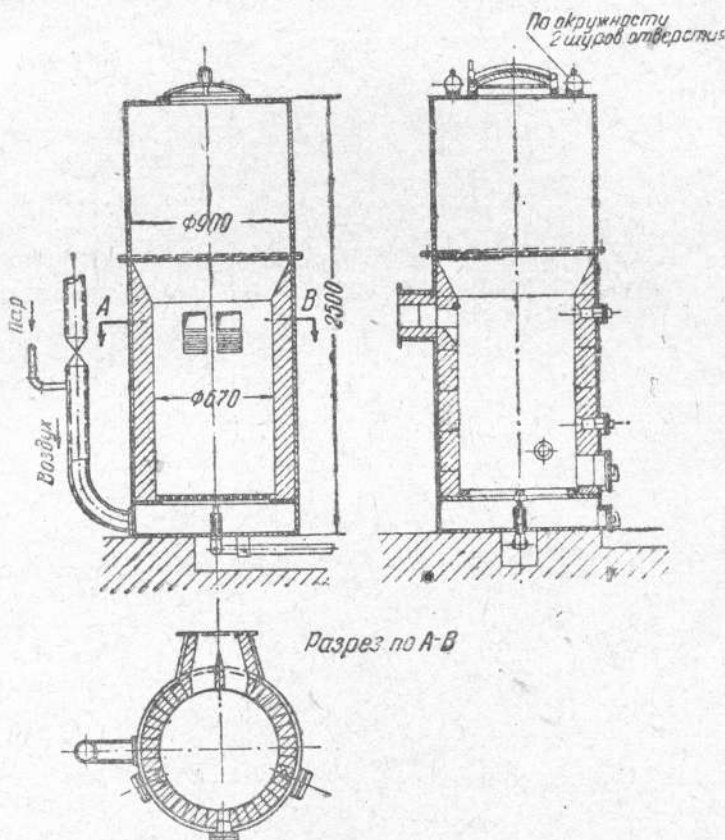
К началу наблюдений генератор был полностью очищен и загружен свежим топливом. Чистка колосниковой решетки от шлака производилась в течение двухчасовых перерывов в работе генератора. Первая половина опыта протекала при перебоях с подачей пара и воздуха, а в течение второй поддерживался относительно постоянный режим работы генератора, при котором высота шлаковой подушки изменялась от 90 до 130 мм, а высота зоны горения — от 200 до 300 мм. Общая высота слоя топлива и шлака колебалась в пределах 1,25—2,0 м. При средней производительности генератора, в натуральном топливе, 42 кг/час, что соответствует удельной производительности, или весовому напряжению сечения шахты, 183 кг/м² час, получен газ, калорийностью $Q_n^c = 1133$ кал/н. м³ с. г., с содержанием CO₂ = 7,3%. Температура газа, в среднем была равна 800°C, и содержание горючего в шлаке 25%.

Указанная в табл. 2 температура паровоздушной смеси 68—80°C не характерна, так как, с одной стороны, воздух до некоторой степени подогревается в рубашке генератора, а с другой — замер температуры явно ненадежен, поскольку при подаче пара в дутьевую коробку не может быть обеспечено удовлетворительное смешение.

Газогенератор № 4 кузнечного цеха Усть-Катавского завода

Конструкция газогенератора видна из фиг. 3. В отличие от предыдущей конструкции, газоотбор выполнен односторонним

и расположен более высоко, а именно на высоте 0,95 м от уровня колосниковой решетки. Воздухоподогревающая рубашка отсутствует, пар подводится в воздухопровод, из которого уже готовая смесь пара с воздухом подается в дутьевую коробку, под горизонтальную колосниковую решетку, имеющую также рычажное



Фиг. 3. Общий вид газогенератора № 4 кузнечного цеха Усть-Катавского завода.

встряхивающее приспособление. Кроме дверок для чистки решетки, в нижней футерованной части кожуха сделаны два горизонтальных пиковочных отверстия и на верхней плите газогенератора — два вертикальных. Загрузочное отверстие закрывается одинарной откидной крышкой, не имеющей водяного затвора.

Общая высота кожуха генератора 2,5 м, из которых верхние 0,9 м не футерованы. Максимальная высота слоя топлива и шлака 2,25 м. Диаметр футерованной части шахты (в свету) 0,67 м и верхней 0,9 м. Полная емкость газогенератора 1,083 м³. Как видно из фиг. 2 и 3, конструкция газогенератора упрощена. Исследователями отмечается, что обслуживание газогенератора затруднялось большими неплотностями кожуха и пиковочных отверстий.

2 А. В. Кавадерова

ратор газил настолько сильно, что приходилось сокращать подачу паровоздушной смеси.

За период 16-часовых наблюдений, от пуска до останова генератора, поддерживался следующий средний режим: температура паровоздушного дутья 45—55°С, высота шлаковой подушки 90—130 мм, высота зоны горения 200—300 мм; полная высота слоя топлива и шлака изменялась от 1,17 до 2,1 м. За указанный период времени чистка колосников решетки производилась два раза, причем перед началом работы генератор был полностью очищен от шлака и загружен свежим топливом.

При средней производительности газогенератора (в натуральном топливе) 62,5 кг/час и весовом напряжении сечения шахты 178 кг/м²-час получен газ со средней калорийностью $Q_{н}^c = 1209$ кал/н. м³, при содержании СО₂ — 7%. Средняя температура газа на выходе составила 780°С и содержание горючих в шлаке 35%.

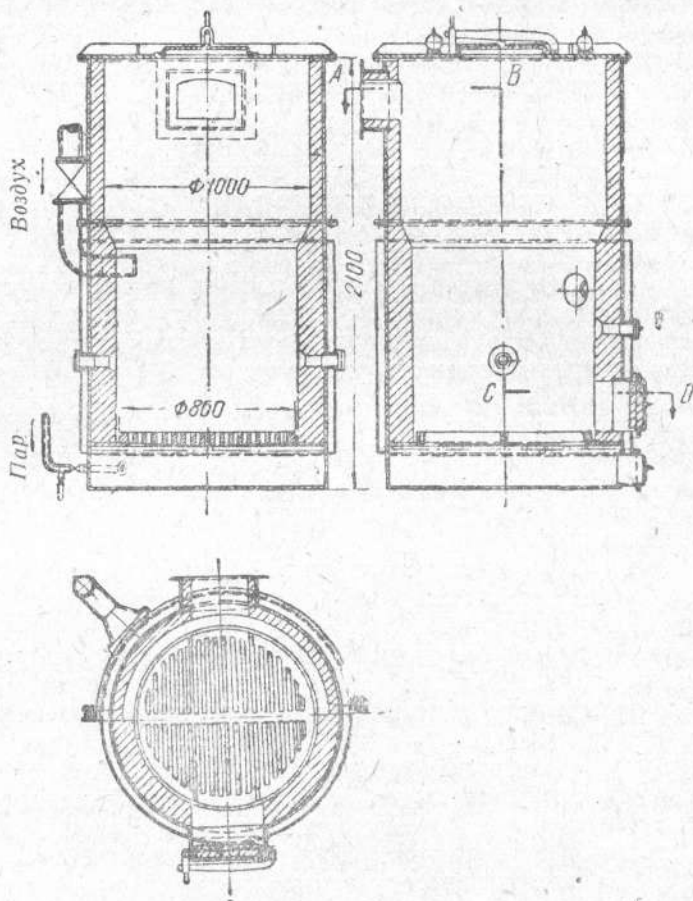
Газогенератор сталелитейного цеха Усть-Катавского завода

Этот газогенератор был запроектирован на заводе в качестве типового, с учетом уже накопленного опыта эксплуатации генераторов. Общий вид его показан на фиг. 4. Цилиндрический кожух имеет диаметр 1,13 м и полную высоту 2,1 м. Футеровка шамотовым кирпичом идет по всей высоте кожуха, от колосниковой решетки до верхней плиты генератора. Внутренний диаметр шахты, в свету, на высоте 1 м от решетки 0,86 м, а в остальной части — 1,0 м. Отбор газа односторонний и расположен в верхней части генератора, на высоте 1,53 м от решетки, что составляет наиболее существенное отличие этой конструкции газогенератора от описанных выше. Колосниковая решетка горизонтальная, неподвижная. Воздух подается от вентилятора сист. Косточкина № 2, проходит подогревающую рубашку и поступает в дутьевую коробку, куда вводится пар. В кожухе генератора устроены дверки (для чистки колосников и уборки провала из дутьевой коробки) и четыре горизонтальные отверстия (гляделки). Верхняя плита генератора имела одно пиковочное отверстие, крышка загрузочного люка сделана одинарной, без водяного затвора.

Испытание газогенератора проводилось на смеси коксика, просеянного через сито с ячейками 10×10 мм, с древесной стружкой. Количество стружки, в среднем за опыт, составило 13,1% от веса смеси. К началу испытания генератор был полностью очищен и разожжен на свежем топливе. За период 16-часовых наблюдений решетка очищалась от шлака один раз. Загрузка топлива производилась через каждые 1,5—2 часа, и шуровки не реже, чем через час. Исследователями отмечено систематическое ограничение в подаче пара, поэтому работа проводилась при полностью открытом паровом вентиле. Наблюдения за температурой паровоздушного дутья хотя и проводились, однако полученные данные не могли служить критерием правильности режима, так как смешение пара и воздуха было явно неудовлетворительным.

При средней высоте шлаковой подушки 50—70 мм, зоны горения 170—250 мм, общей высоте слоя топлива и шлака 0,94—

1,45 м и при давлении в дутьевой коробке 50—70 мм вод. ст. получены: средняя производительность газогенератора в натураль-



Фиг. 4. Общий вид газогенератора сталелитейного цеха Усть-Катавского завода.

ном топливе 92,5 кг/час и весовое напряжение сечения шахты 148 кг/м²-час. Газ имел среднюю калорийность: Q^c_H — 1152 кал/н. м³, при содержании CO₂—4,8%. Содежание горючих в шлаке 12,2%.

Основные достоинства и недостатки конструкций индивидуальных газогенераторов Усть-Катавского завода

При проектировании газогенераторов на Усть-Катавском заводе основной задачей ставилось создать максимально дешевую и простую в выполнении конструкцию, достаточно легкую в эксплуатации, позволяющую получить при этом хорошие технические показатели или, хотя бы, удовлетворительную работу нагревательных печей.

Действительно, осуществленные конструкции достаточно просты в выполнении, имеют очень небольшое число деталей, требующих механической обработки. Почти все литые детали, при желании легко могут быть заменены железными, сварными. Однако в ряде случаев простота конструкции достигнута за счет качества работы газогенераторов, дополнительных затруднений при их обслуживании и необходимости предъявлять довольно жесткие требования к качеству топлива.

Это обстоятельство, естественно, сужает возможности широкого внедрения таких газогенераторных установок.

Основные недостатки, как это выявилось в практике работы газогенераторов, были следующие:

1. Устройство одинарного затвора загрузочного люка требует для загрузки топлива полной остановки газогенератора, т. е. выключения дутья. Это вынуждает производить загрузку редко, что, в свою очередь, вызывает неравномерный ход генератора. Кроме того, выполненные конструкции крышек не обеспечивают необходимой герметичности.

2. Применение горизонтальной колосниковой решетки с ручным удалением шлака возможно только для топлива с невысокой зольностью, так как каждая чистка решетки вызывает необходимость останова генератора.

3. Применение встряхивающих устройств на горизонтальных решетках не оправдалось, так как провал шлака при таких устройствах практически не велик.

4. Наличие внешней воздушной рубашки хотя и позволяет снизить потери тепла в окружающую среду, однако подогрев воздуха достигается практически незначительный, а изменения температуры подогрева, при неизбежных изменениях форсировки газогенератора, затрудняют контроль состава паровоздушной смеси.

5. Ввод пара непосредственно в дутьевую коробку генератора недопустим, так как смешение пара и воздуха при этом получается явно неудовлетворительным. Кроме того, почти полностью исключена возможность контроля состава паровоздушной смеси.

6. Газоотводящие патрубки, расположенные в слое топлива и над его поверхностью, быстро забиваются уносом.

7. Чрезмерно высокий слой топлива, при полной загрузке генератора, производимой с целью сокращения числа загрузок, усложняет обслуживание слоя, затрудняет пиковку и борьбу с прогарами. Кроме того, при чистке генератора приходится выгружать все топливо.

8. Горизонтальные пиковочные отверстия непригодны для обслуживания слоя и не заменяют собою вертикальных, выполняемых на верхней плите газогенератора.

9. Отсутствие рабочей площадки на уровне загрузочного люка генератора затрудняет операции по загрузке и по пиковке.

Отмеченные недостатки, выявленные в основном при работе на анжержосудженском угле, проявляются в большей или меньшей степени и на других видах топлива, из которых в условиях эксплуатации на Усть-Катавском заводе опробованы: челябинский бурый

уголь, сеяный коксик, антрацит марок АРШ и АК, а также кольчугинские угли марок Д и Г.

На челябинском угле, с содержанием золы, не превышающим кондиций ($A^c = 20\%$), получена калорийность сухого газа $Q^c_n = 1120 \text{ кал/н. м}^3$, при повышенной упругости дутья и частых (не реже чем через каждые 4 часа) остановках для чистки решетки. Эксплоатация генераторов на антрацитах указанных выше марок не была освоена вследствие чрезмерно высокого сопротивления слоя. На газовых углях марки Г газогенераторы идут явно неудовлетворительно. Спекание такого угля затрудняет шуровку и увеличивает сопротивление слоя топлива. На сеяном коксике достигается устойчивый режим работы газогенератора при калорийности газа $Q^c_n = 1150 \text{ кал/н. м}^3 \text{ с. г.}$

Наиболее спокойная и надежная работа достигалась на кольчугинском угле марки Д, на котором конструктивные недостатки газогенераторов сказываются в наименьшей степени. Так, даже при очень редкой загрузке топлива (через 8—10 часов) обеспечивалось вполне удовлетворительное качество газа.

Газогенераторы Златоустовского инструментального завода

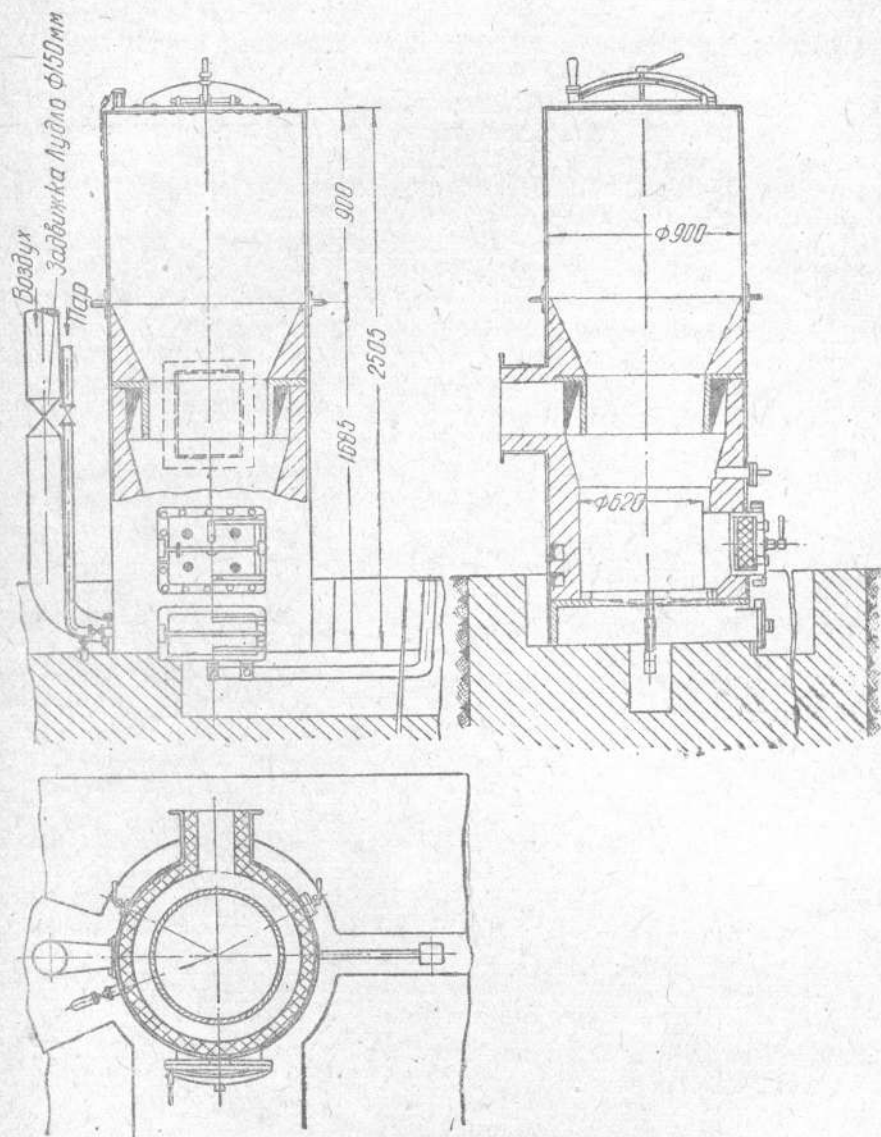
В 1937 г. силами работников завода было спроектировано и сооружено несколько индивидуальных газогенераторов. Конструкция одного из них показана на фиг. 5. При проектировании был использован опыт Усть-Катавского завода.

Как показывает чертеж, генератор состоит из железного цилиндрического кожуха, диаметром 0,9 м и высотой 2,5 м. Нижняя часть на высоте 1,6 м футерована шамотовым кирпичом, а верхняя, представляющая собою топливный бункер, не футерована. Внутренний диаметр футеровки 0,62 м. Кольцевой отбор газа организован на высоте 0,75 м от горизонтальной колосниковой решетки, путем установки чугунной юбки. Колосниковая решетка имеет живое сечение $\sim 30\%$ и снабжена рычажным встряхивающим приспособлением. Воздух от воздуходувки подается в дутьевую коробку, куда непосредственно введен пар для увлажнения дутья. Топливо загружается через верхний люк, диаметром 0,56 м, закрывающийся крышкой, которая прижимается к верхней плите генератора болтами. Для выгребки шлака и уборки провала предусмотрены две дверки, а для шуровки и пиковки слоя — шесть отверстий, из которых три расположены на боковой поверхности шахты, а три — на верхней крышке газогенератора.

Основные данные, характеризующие конструкцию, приведены в табл. 1. Опробование работы газогенератора проведено на коксике, сеяном и рядовом, на челябинском буром угле, а также на анжеро-судженском и кузнецком тощем каменных углях. На

¹ П. С. Прохоров, Индивидуальные газогенераторы и газогенераторные топki. Материалы конференции — курсов по тепловому хозяйству промпредприятий. ВНИТОЭ, Ленинград, 1939.

первых четырех видах топлива силами завода проведены испытания, правда небольшой продолжительности, средние результаты



Фиг. 5. Общий вид газогенератора Златоустовского инструментального завода.

которых приведены в табл. 2. Наблюдения велись с момента растопки, которая производилась во всех случаях на дровах, до полной разгрузки и чистки газогенератора.

Общая продолжительность испытания на сортированном коксике составила 8 часов. Коксик просеивался на грохоте с ячейками размером 15×15 мм. Во время опыта были перебои в подаче пара, не позволявшие выдержать постоянно дутьевого режима. За указанный период чистка решетки не производилась, а топливо подгружалось 4 раза.

При производительности газогенератора, в натуральном топливе, 80 кг/час и весовом напряжении сечения шахты $267 \text{ кг/м}^2 \text{ час}$, получены средняя калорийность сухого газа $Q_n^c = 1200 \text{ кал/н.м}^3$ и содержание $\text{CO}_2 = 3,0\%$. Температура газа на выходе получена равной 630°C .

На рядовом коксике наблюдения продолжались 5,5 час. За этот период чистка решетки и догрузка топлива не производились.

Коксик имел следующую гранулометрическую характеристику:

остаток на сите 20×20 мм	11,5%
» » 10×10 »	30,2%
» » 4×4 »	30,7%
проход через сито 4×4 »	27,6%

При средней производительности генератора 70 кг/час , соответствующей весовому напряжению сечения шахты $233 \text{ кг/м}^2 \text{ час}$, получен газ с калорийностью $Q_n^c = 1090 \text{ кал/н.м}^3 \text{ с.г.}$ и содержанием $\text{CO}_2 = 7\%$. Температура газа на выходе составляла 550°C .

Анжеро-судженский уголь просеивался на грохоте с ячейками размером 15×15 мм. Верхний предел крупности был установлен в 50 мм. Общая длительность опыта составила 10,5 час., при этом весь уголь был загружен в начале работы газогенератора и больше не подгружался. Чистка колосников также не производилась. При средней производительности газогенератора 69 кг/час и весовом напряжении шахты $230 \text{ кг/м}^2 \text{ час}$ получен газ со средним содержанием $\text{CO}_2 = 7,2\%$. Установить калорийность сухого газа не представляется возможным, так как приведенный анализ (см. табл. 2) явно ошибочен. Температура газа на выходе составляла 750°C .

При испытании газогенератора на челябинском буром угле Серго-Уфалейского месторождения, отсеянном от мелочи на грохоте с ячейками размером 15×15 мм, за 9,8 час были проведены одна промежуточная чистка генератора и три раза догрузка топлива. Расход пара не замерялся. Наблюдалось значительное шлакование генератора. При средней за опыт производительности 106 кг/час , что соответствует весовому напряжению сечения шахты $353 \text{ кг/м}^2 \text{ час}$, получен газ со средней калорийностью $Q_n^c = 1120 \text{ кал/н.м}^3 \text{ с.г.}$ и содержанием $\text{CO}_2 = 6,5\%$. Температура газа на выходе составляла 750°C .

Приведенные выше цифры, характеризующие работу газогенератора на четырех видах топлива, хотя и недостаточно надежны, все же дают некоторое представление о качестве конструкции. Как видно, с повышением зольности топлива (челябинский уголь) результаты газификации резко ухудшаются, вследствие применения горизонтальной решетки и ручного удаления золы, требующих для

чистки полного останова газогенератора. Более поздний опыт работы завода на кузнечных тощих углях показал возможность вполне устойчивой, надежной работы установки, при сравнительно легком ее обслуживании (три газогенератора, удаленные на значительное расстояние один от другого, а также и печи обслуживаются одним человеком).

Сравнение конструкции газогенератора Златоустовского завода с описанными выше показывает наличие многих общих для них недостатков. Существенно то, что загрузка и золоудаление остались нерешенным вопросом и наиболее слабым местом, осложняющим эксплуатацию и ухудшающим показатели работы газогенераторов.

Газогенератор Омского завода им. Куйбышева

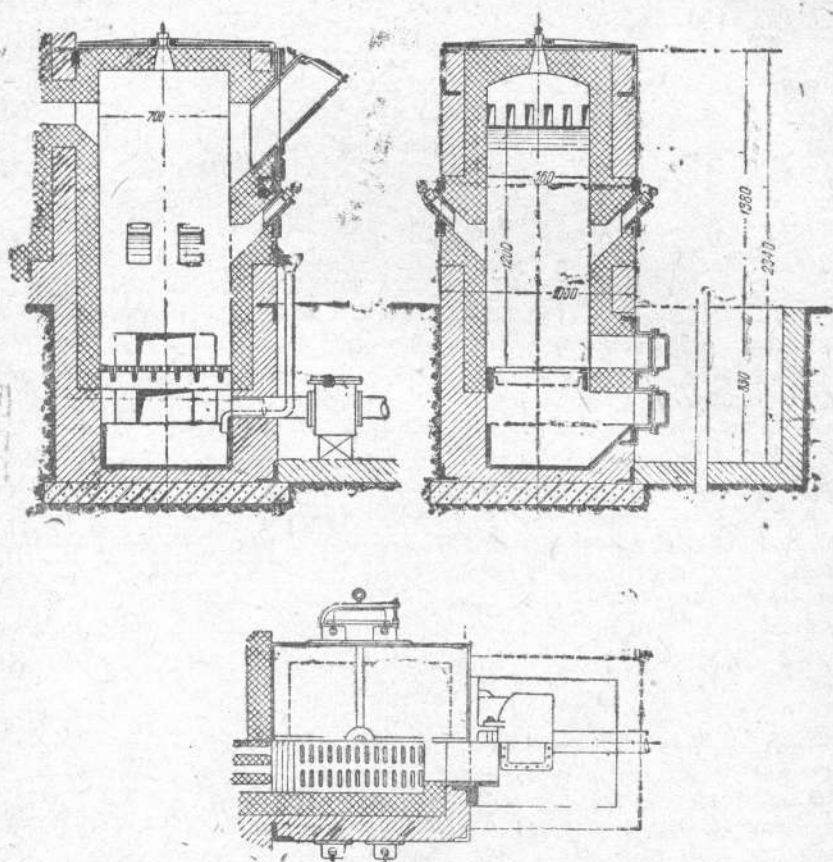
Газогенератор спроектирован и установлен силами завода и испытан в 1941 г. Уралсибэнергочерметом¹. Конструкция его значительно отличается от всех описанных выше и приближается к конструкции газогенераторных топок. Как видно из фиг. 6, газогенератор имеет прямоугольное сечение, с внутренними размерами $0,7 \times 0,55$ м, пристроен вплотную к кладке печи, представляя собою, однако, вполне самостоятельный агрегат. Последнее и позволяет отнести его к категории индивидуальных газогенераторов и включить для рассмотрения в настоящую работу. Стенки газогенератора состоят из огнеупорной кладки, облицованной красным кирпичом. Наружного металлического кожуха нет. Жесткое крепление кладки сделано из углового железа. Шахта перекрыта сводом из огнеупорного кирпича, на котором уложена чугунная плита с одним центральным пиковочным отверстием. Общая высота газогенератора 2,34 м, из которых 0,84 м заглублено ниже уровня пола цеха. Горизонтальная колосниковая решетка выполнена из плитчатых колосников, с живым сечением около 17%. На дне зольника уложена железная коробка для заливки шлака. Газоотводящие каналы расположены на задней стенке шахты, на высоте 1,3 м от колосниковой решетки. Наклонная загрузочная коробка установлена на передней стенке шахты и имеет откидную крышку. Для чистки колосников и уборки провала предусмотрены две дверки, а для пиковки слоя — шесть наклонных пиковочных отверстий, расположенных по два на трех стенках шахты. Воздух под колосники подается от вентилятора, обслуживающего также и печь. Пар для увлажнения дутья вводится в воздухоподвод, так что в зольник поступает уже готовая паровоздушная смесь.

Испытание установки проведено на антраците, древесной чурке и сибирском каменном угле. Соответствующие материалы приведены выше в табл. 2.

В среднем за 7 часов работы на антраците, просеянном на сите 12×12 мм, производительность газогенератора, в натуральном топливе, равна 55,2 кг/час, что соответствует напряжению

¹ Н. А. Евсеев, Испытание нагревательной печи с газогенераторной топкой на Омском заводе им. Куйбышева. Неопубликов. отчет Уралсибэнергочермета (б. Урал. отд. Оргэнерго), 1941.

сечения шахты $131 \text{ кг/м}^2\text{-час}$. Калорийность сухого газа, средняя за опыт, $Q_n^c = 1189 \text{ кал/н.м}^3$ при содержании $\text{CO}_2 = 4,6\%$ и температура газа на выходе 608°C . Среднее содержание горючего в шла-



Фиг. 6. Общий вид газогенератора Омского машиностроительного завода.

ке составило $13,5\%$. Опыт проведен при высоте слоя топлива $0,44\text{--}0,6 \text{ м}$ и высоте слоя шлака 70 мм . Средняя упругость дутья 23 мм вод. ст. , температура паровоздушной смеси колебалась в пределах $45\text{--}62^\circ\text{C}$.

Опыт на древесной чурке проведен при средней рабочей влажности ее $19,3\%$. К сожалению, крупность кусков авторами испытания не указана. За время опыта, длившегося 5 час. , достигнута средняя производительность в натуральном топливе 77 кг/час. , при весовом напряжении сечения шахты газогенератора $197 \text{ кг/м}^2\text{-час}$. Средняя теплотворная способность сухого газа получена равной $Q_n^c = 1334 \text{ кал/н.м}^3$, при содержании $\text{CO}_2 = 7,4\%$, температуре газа на выходе 343°C и практически полном отсутствии горючего в шлаках.

На сибирских каменных углях состава: $W^p = 4-10\%$; $A^p = 6-9\%$; $C = 70-77\%$; $H^p = 3-5\%$; $O^p + N^p = 6-9\%$, имеющих рабочую теплотворную способность $Q^p_n = 6400-7000$ кал/кг и содержащих летучих на сухую массу $V^c = 19-27\%$ (марка угля не указана), проведено четыре опыта, из которых наиболее заслуживает внимания опыт, проводившийся в течение 32 часов без чистки колосниковой решеткой. В этом опыте были получены наиболее высокие технические показатели, за счет упорядоченной загрузки топлива и улучшенной пиковки слоя. При средней высоте шлаковой подушки 0,5 м, высоте слоя топлива 0,5 м, температуре паровозного дутья, изменявшейся в пределах 55—73°C, и давлении дутья в пределах 25—50 мм вод. ст., получены: средняя производительность генератора 43,5 кг/час, что соответствует напряжению сечения шахты 111 кг/м² час. Средняя за опыт калорийность сухого газа составляла $Q^c_n = 1256$ кал/н.м³ при содержании $CO_2 = 6,8\%$. Температура газа на выходе была, в среднем, 530°C и содержание горючих в шлаке 13,5%.

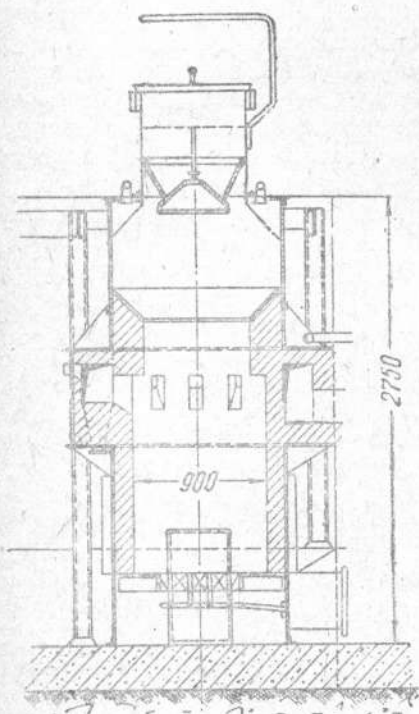
При проведении указанных опытов установлено, что принятые размеры и расположение газоотводящих каналов не вызывают осложнений в отношении забивания их уносимой из генератора угольной пылью. Выявлена необходимость увеличить число верхних пиковочных отверстий не менее, чем до трех, при этом боковые отверстия не обязательны, так как обслуживание слоя топлива и шлака через них представляет большие трудности.

Газогенератор Лысьвенского металлургического завода

В 1941 г. в кузнечном цехе по проекту, разработанному силами завода, сооружено два индивидуальных газогенератора, общий вид которых приведен на фиг. 7. Цилиндрический железный кожух газогенератора диаметром 1,18 м, на высоте 1,5 м, футерован огнеупорным кирпичом. Внутренний диаметр футеровки шахты 0,9 м. Горизонтальная колосниковая решетка выполнена из качающихся колосников. На высоте 0,9 м от решетки расположен кольцевой газоотборный канал из огнеупорного кирпича. Верхняя плита газогенератора находится примерно, на высоте 2,0 м от уровня пола цеха. На этом уровне устроена рабочая площадка для обслуживания загрузочного устройства, состоящего из нижнего конусного затвора и верхней плоской крыши с водяным затвором. Расстояние от колосниковой решетки до загрузочного конуса 2,4 м. Нижняя часть шахты имеет водяную рубашку, однако поверхность рубашки, обращенная внутрь газогенератора, футерована огнеупорным кирпичом. На верхней плите газогенератора, кроме загрузочной коробки, расположено четыре пиковочных отверстия. Для чистки колосников и уборки провала предусмотрены две дверки, закрывающиеся плотными крышками. Основные размеры газогенератора приведены в табл. 1.

Как правило, газогенераторы работают на рядовом кольчугинском угле марки Д. Содержание мелочи в угле обычно очень

высоко. Контрольные определения¹ показали, что проход через сито с ячейками размером 8—10 мм составляет около 50%. Такое высокое содержание мелочи приводит к частым прогарам, что при недостаточно тщательном обслуживании газогенераторов определяет низкие показатели процесса. Часто в условиях эксплуатации, при производительности газогенератора около 40 кг/час,



Фиг. 7. Общий вид газогенератора Лысьвенского завода.

что соответствует весовому напряжению сечения шахты $65 \text{ кг/м}^2\text{-час}$ теплотворная способность сухого газа снижается до 800 и даже 400 кал/н.м³, содержание CO₂ в газе достигает 15%, а температура газа повышается до 860°C. Однако, путем своевременной и тщательной пиковки может быть достигнуто значительное улучшение хода газогенератора даже на рядовом, т. е. несейном угле. В табл. 2 приведены данные, характеризующие работу газогенератора при улучшенном обслуживании. Так, при производительности газогенератора 53 кг/час ($84 \text{ кг/м}^2\text{-час}$), упругости дутья 67 мм вод. ст. и температуре его 51°C, получена средняя калорийность сухого газа 1259 кал/н.м³, при среднем содержании CO₂ 6,2% и температуре газа 387°C.

Кратковременные опыты по опробованию в этом газогенераторе кизеловского угля, с шахт имени Сталина и им. Урицкого показали ряд существенных трудностей возникающих при эксплуата-

ции, вследствие ярко выраженной способности этих углей спекаться, а также высокой зольности (поступившей партии угля $A^c = 35,6\%$). Уголь подавался в газогенератор после предварительной сортировки: просевки на сите с ячейками размером $15 \times 15 \text{ мм}$ и отборки кусков крупнее 80—90 мм. Опыты на каждом из указанных сортов угля продолжались только 10—12 час (по причинам, несвязанным с работой генераторов), и оптимальный режим работы газогенератора не был подобран. За указанный период процесс протекал неустойчиво. Сильное спекание угля вызывало необходимость в очень чистой пиковке (через 10—15 мин.), запаздывание с которой приводило к образованию прогаров, преимущественно

¹ К. В. Маликов. Освоение работы индивидуальных газогенераторов Лысьвенского завода на кизеловском угле. Неопубликов. отчет ВНИИТ, 1942.

периферийных. На угле шахты им. Урицкого, кроме того, имели место сплавление шлака и ошлаковка нижней футеровки газогенератора. При высоте слоя топлива 600—800 мм, температуре паровоздушной смеси 52—53°C и давлении ее около 45 мм вод. ст., тепловорную способность сухого газа удавалось поддерживать на уровне 750—1000 кал/н.м³, при содержании СО₂ от 6 до 10% и температуре газа на выходе 500—600°C. Эти данные не могут служить характеристикой работы индивидуальных генераторов на кизеловских углях вообще, однако полученный опыт достаточно ясно показал, что в данной конструкции генератора нет оснований рассчитывать на получение хороших показателей при газификации этих углей. Работа же на лучшем газогенераторном топливе: кольчугинском угле марки Д — позволила выявить ряд существенных недостатков конструкций, из которых необходимо указать особенно на следующие:

1. Горизонтальная качающаяся колосниковая решетка не оправдывает своего назначения. Провал шлака через колосники ничтожно мал, и уборку его приходится производить с колосников. При чистке решетки необходимо включение дутья. Несмотря на небольшие размеры генератора, чистка затрудняется обвалами топлива. Качающиеся колосники быстро выходят из строя.

2. Периферийный отбор газа через кольцевой коллектор, не создавая существенных преимуществ в отводе газа из газогенератора, приводит к необходимости частой чистки коллектора. Особенно быстро засоряется он при повышении уровня засыпи топлива до газоотборных каналов.

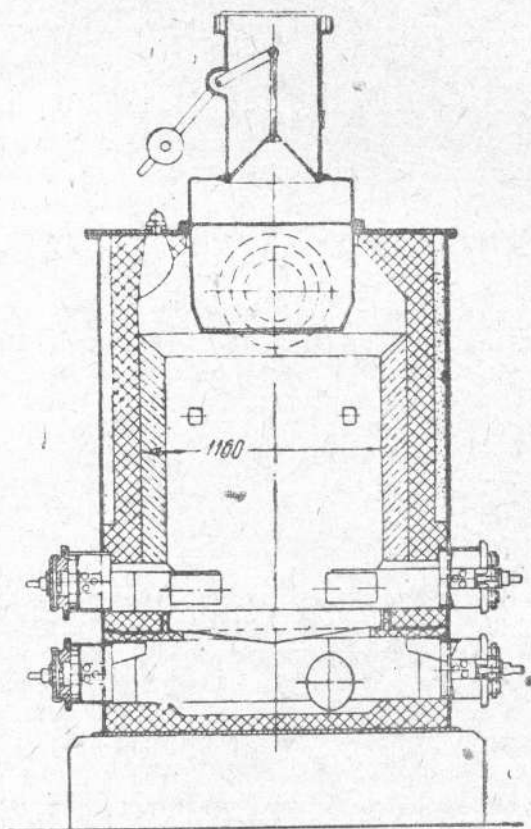
3. Водяная рубашка, футерованная внутри кирпичом, может быть без ущерба для работы генератора удалена, что облегчит обслуживание установки.

По сравнению с описанными ранее конструкциями более совершенным элементом газогенератора следует признать загрузочное устройство, в виде коробки с нижним конусным затвором и верхней плотной крышкой. Такая конструкция обеспечивает необходимую плотность и возможность систематической, частой загрузки топлива.

Газогенератор Полтаво-Брединской ЦЭС

В 1941 г. на ЦЭС треста Полтаво-Бредуголь было установлено несколько газогенераторов малых габаритов, с внутренним диаметром шахты 0,94 м, для снабжения газом газомоторов (см. фиг. 8). В отличие от всех предыдущих конструкций, эти газогенераторы были рассчитаны для работы с отсосом газа. Газогенераторы оборудованы неподвижной плоской колосниковой решеткой. Шахта, состоящая из цилиндрического железного кожуха, диаметром 1,5 м, футерована огнеупорным кирпичом с прокладкой изоляционного слоя. В нижней части шахты, над колосниками предусмотрены две дверки для чистки решетки и две дверки в зольнике для удаления провала. На расстоянии 0,84 м от решетки, на боковой поверхности шахты устроены пиковочные отверстия. Газоотводящий патрубок расположен в верхней, расширенной до 1,16 м части шахты, на рас-

стоянии примерно 1,3 м от уровня колосниковой решетки. Загрузочная коробка имеет нижний конусный затвор и верхнюю крышку с водяным уплотнением. Нижняя часть загрузочной коробки продолжена внутрь шахты газогенератора, в виде юбки, диаметром 0,7 м и высотой 0,45 м. Нижняя кромка юбки расположена на высоте 1,25 м от колосниковой решетки. Пар для увлажнения дутья получается в испарителях, обогреваемых теплом генераторного газа, и вводится в воздухоподвод, подающий воздух в золь-



Фиг. 8. Общий вид газогенератора Полтаво-Брединской ЦЭС.

ниж. Отсутствие подвода пара от паровой сети, независимой от работы газогенератора, причиняет затруднения при обслуживании генераторов, особенно в периоды запуска. Полная высота газогенератора от уровня пола цеха до загрузочной площадки — 2,53 м.

Большие неплотности в шуровочных дверках и пиковочных отверстиях затрудняли розжиг генератора на дутье и вообще исключали возможность работы под давлением.

При освоении работы газогенераторов выявлен ряд существенных недостатков конструкции. Пиковка через боковые отверстия

не достигала цели, а отсутствие верхних отверстий практически полностью исключало возможность эффективного обслуживания слоя. Удаление золы путем прорезки колосников также было неэффективно, выгреб же через шуровочные дверки сопровождался смешиванием топлива и золы в газогенераторе и нарушением зон, а также высыпанием значительной части топлива из газогенератора. Последнее особенно проявлялось при работе на мелком коксике.

В условиях эксплуатации, а также при специальных наблюдениях¹ работа газогенераторов опробована на каменном угле Проккопьевского месторождения, коксе, коксовой мелочи и местных полтаво-брединских углях (Полтавского участка) с шахт № 6 и № 5 бис.

При работе на прокопьевском угле, марка которого не была точно установлена, в обычных условиях эксплуатации и при указанных затруднениях в обслуживании газогенератора, получался газ теплотворной способности $Q^c_n = 1200—1460$ кал/н.м³ с. г., содержащий от 4 до 8% CO₂; производительность генератора при этом была около 100 кг/час, что соответствует весовому напряжению сечения шахты 145 кг/м² час.

На коксе, измельченном до крупности кусков от 25 до 40 мм, получался газ, вполне удовлетворительный по содержанию CO₂ (2,3—4,1%), однако теплотворная способность его была невысока ($Q^c_n = 880—1124$ кал/н.м³ с. г.), вследствие низкого содержания водорода (2,2—3,3%). Последнее объяснялось неудовлетворительной работой испарителей в течение сравнительно длительного времени после пуска газогенератора.

Коксовая мелочь, имевшая максимальный размер кусков 25 мм, отсеивалась от наиболее мелких фракций на сите с размерами ячеек 10×10 мм. Перечисленные выше недостатки конструкции оказывали большое влияние на ход генератора и калорийность получаемого газа, которая, по наблюдениям, колебалась в пределах Q^c_n от 630 до 1045 кал/н.м³ с. г. при содержании CO₂ от 4 до 9%. Однако после выполнения некоторых довольно простых мероприятий, а именно: подвода пара от паровой сети и устройства верхних пиковочных отверстий, а также — горизонтальных задвижек в шуровочных дверцах, препятствующих вытеканию топлива при чистке решетки, работа газогенераторов значительно улучшилась, главным образом в отношении устойчивости хода процесса и надежности газоснабжения потребителя.

Кроме указанного для повышения производительности газогенератора диаметр шахты был увеличен до 1,16 м, за счет удаления внутреннего ряда футеровки. Средние за период наблюдений данные приведены в табл. 2. Теплотворная способность сухого газа получена равной $Q^c_n = 1225$ кал/н.м³, при содержании CO₂ = 6,1% и температуре газа 450—500°C. Производительность газогенератора в среднем составляла 102 кг/час, что соответствовало весовому напряжению сечения (увеличенного) шахты 97 кг/м² час.

¹ К. В. М а л и к о в, Пуск и установление режима газогенераторов в ЦЭС треста Полтаво-Бредуголь. Неопубликован. отчет ВНИИТ, 1942.

Опробование газогенератора на полтаво-брединском антраците, с шахты № 5 бис, содержащем $W^p = 11,8\%$, $A^c = 10,4\%$ и $V^c = 2,7\%$ и предварительно просеянном на сите с ячейками размером 10×10 мм, показало, что малая термическая стойкость угля, вследствие которой уголь при нагревании сильно измельчался, создает ряд трудностей в работе газогенератора. Резко повышается сопротивление слоя топлива, склонность к прогарам требует частой пиковки, а значительная текучесть угля, особенно раскаленного, приводит при чистках решетки к искажениям и даже полному разрушению зон. Кроме того, пониженная горючесть угля вызывает необходимость розжига газогенератора на коксике. Наблюдения за работой газогенератора, в период двухсуточной наладки его, показали, что теплотворная способность сухого газа колеблется в пределах $800-1050$ кал/н. м³, при содержании CO_2 до 11% . Процесс протекает неустойчиво; особенно резкое ухудшение хода газогенераторов наблюдается после чистки решетки и удаления золы.

Обобщение материалов по конструкциям и эксплуатации индивидуальных газогенераторов, выполненных заводами

Описанных семи конструкций индивидуальных газогенераторов выполненных на пяти предприятиях, и материалов, в известной мере характеризующих опыт их эксплуатации на различных видах топлива, уже достаточно для того, чтобы сделать некоторые существенные обобщения и выводы.

1. При диаметре шахты от $0,56$ до $1,16$ м и весовом напряжении площади сечения шахты, в натуральном топливе, в зависимости от вида и сорта последнего, от 80 до 350 кг/м² час, средняя часовая производительность этих газогенераторов фактически колеблется, в условном топливе, от 40 до 100 кг/час; что соответствует по теплу «горячего» газа мощности установки от $0,25$ до $0,65$ млн. кал/час. Для расширения области применения индивидуальных газогенераторов и, в частности, в производстве черной и цветной металлургии — желателен увеличению единичной мощности установки до $1,0-1,5$ млн. кал/час. Указанное может быть осуществлено либо за счет некоторого увеличения размеров сечения шахты генераторов, либо путем повышения напряжения сечения шахты.

2. Все рассмотренные конструкции газогенераторов имеют горизонтальную колосниковую решетку и ручное золоудаление, что является наиболее слабым их местом, так как препятствует достижению высоких нагрузок, непрерывной работы газогенераторов, делает обслуживание газогенераторов более сложным и тяжелым и требует более квалифицированного персонала. Только для некоторых сортов малозольного топлива (древесина, кольчугинский каменный уголь марки Д) устройство ручного золоудаления и отказ от механизированного, могут быть признаны правильным путем упрощения и удешевления конструкции. Сооружение встряхивающих приспособлений и качающихся колосников практикой эксплуатации газогенераторов не оправдывается.

3. Из описанных конструкций загрузочных устройств наиболее рациональна загрузочная коробка с нижним конусным затвором и

верхней крышкой, имеющей хорошее периферийное уплотнение (например водяной затвор). Такая конструкция позволяет производить частую загрузку топлива, не снижая дутья, и обеспечивает необходимую герметичность установки. Устройство юбки у загрузочной коробки, повидимому, так же рационально, однако требует еще дополнительной проверки на различных видах топлива и при различном качестве его подготовки.

4. Устройство периферийного газоотбора не вызывается необходимостью, и такое усложнение конструкции не оправдывается практикой. При одностороннем отборе газа достигается вполне равномерный по сечению ход процесса, а причина наблюдающихся отклонений обычно заключается в неравномерном распределении топлива по крупности при загрузке. Высота расположения газоотвода над колосниками определяется необходимой полезной высотой слоя топлива. Устройство в верхней части шахты дополнительной емкости и создание в генераторе запаса топлива для сокращения числа загрузок создает меньше преимуществ, чем недостатков, так как при этом очень затрудняется обслуживание слоя.

5. Наружные пароводяные и воздушные рубашки мало эффективны и лишь усложняют конструкцию. Более целесообразно применение либо тепловой изоляции внешних поверхностей шахты, либо если это необходимо по свойствам золы топлива, — внутренней пароводяной рубашки, предохраняющей поверхности шахты от ошлакования.

6. Пар должен вводиться только в воздухопровод, на расстоянии от дутьевой коробки, обеспечивающем поступление в последнюю хорошо перемешанной паровоздушной смеси.

7. Боковые пиковочные отверстия не позволяют хорошо обслуживать слой топлива и плака. Необходимо устройство достаточного числа верхних пиковочных отверстий, плотно закрываемых, а лучше — снабженных паровым отбесом.

Примеры использования и компановки газогенераторных установок

В заключение первого раздела работы, посвященного описанию конструкций и материалов эксплуатации индивидуальных газогенераторов, выполненных заводами в период начала их широкого внедрения, интересно будет коснуться назначения газогенераторов, результатов их использования, а также компановки газогенераторов с потребителями газа.

В большинстве случаев рассмотренные выше конструкции газогенераторов служат для отопления небольших камерных нагревательных печей, площадью пода от 1,0 до 2,5 м², в которых производится нагрев под ковку металла, в виде заготовок относительно небольших размеров (диаметром 50—100 мм). Опыт работы на различных марках и сортах топлива показал возможность получения в печах необходимых для ковки рабочих температур.

Так, на газогенераторах Лысьвенского завода, на кольчугинском угле марки Д, без подогрева воздуха, достигаются рабочие темпе-

туры в печи порядка $1250-1300^{\circ}$ ¹. Возможную удельную производительность печей при этом установить, по имеющимся материалам, не удалось, так как зафиксированная низкая удельная нагрузка ($\sim 50 \text{ кг/м}^2 \text{ час}$) и поэтому относительно высокий удельный расход топлива (в условном 410 кг/т) определялись ограниченной потребностью цеха в нагретом металле.

На аналогичном топливе, на Омском заводе им. Куйбышева², при подогреве поступающего в печь воздуха до 250°C , получены более высокие показатели, а именно: рабочая температура в печи порядка $1300-1325^{\circ}\text{C}$, удельная производительность печи $330-370 \text{ кг/м}^2 \text{ час}$ и удельный расход условного топлива $90-135 \text{ кг/т}$. На этой же установке при работе на антраците и при подогреве воздуха до $200-230^{\circ}\text{C}$ достигались: рабочая температура в печи 1280°C производительность $340 \text{ кг/м}^2 \text{ час}$ и удельный расход условного топлива 180 кг/т , а на древесной чурке, имевшей рабочую влажность около 20% и при подогреве воздуха до $120-160^{\circ}\text{C}$ — температура в печи 1220°C , производительность $220 \text{ кг/м}^2 \text{ час}$ и удельный расход топлива 135 кг/т . Во всех трех указанных случаях температура металла, при выдаче его из печи, была 1100°C .

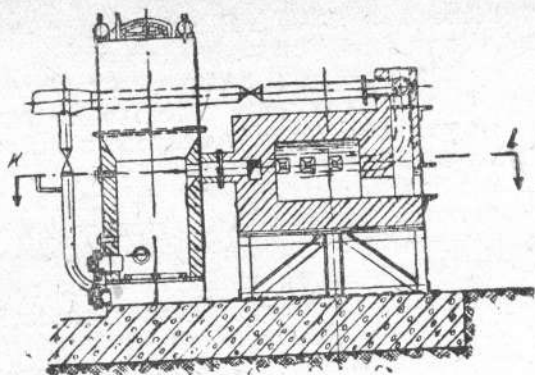
Материалы испытаний установок на Златоустовском заводе (несмотря на кратковременность этих испытаний) позволили проводившей испытания специальной комиссии сделать вывод³, что использование анжеро-судженского угля в индивидуальных газогенераторах может быть рекомендовано для случаев работы печей с температурами до 1250°C , челябинского угля — до 1150°C и сортированного коксика — до 1100°C . При этом предусматривается работа печей на воздухе, подогревом до температуры $150-200^{\circ}\text{C}$.

Все газогенераторы, обслуживающие нагревательные печи, расположены в непосредственной близости к потребителю газа и соединены с ним коротким газопроводящим каналом или патрубком. Такая компоновка требует, однако, наличия в цехе свободной площади у печей. При переводе действующих печей на газовое отопление не во всех случаях есть такая свободная площадь, и часто возникает необходимость отнести газогенератор на некоторое расстояние. Последнее диктуется иногда еще либо условиями тепловодоподдачи, либо стремлением удалить из здания цеха газогенераторы, которые вследствие неудовлетворительного состояния или плохой конструкции загрузочного устройства, могут оказаться источником отравления атмосферы цеха. При отнесении газогенератора от печи обязательно сооружение пылеосадителей, потребность в которых обычно ощущается и при совместной компоновке газогенератора с печью, особенно на топливе, содержащем большое количество мелочи. На описанных выше установках, за исключением газогенератора Полтаво-Брединский ЦЭС, никаких пылеосадительных устройств нет.

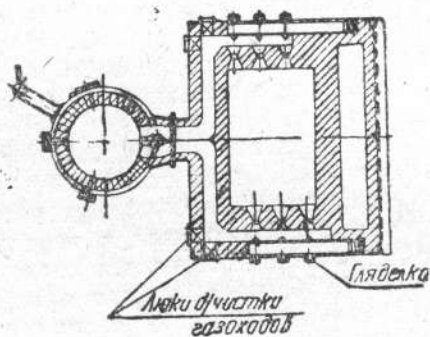
¹ По материалам ВНИИТ, см. сноску, стр. 27.

² По материалам Уралсибэнергочермета, см. сноску, стр. 24.

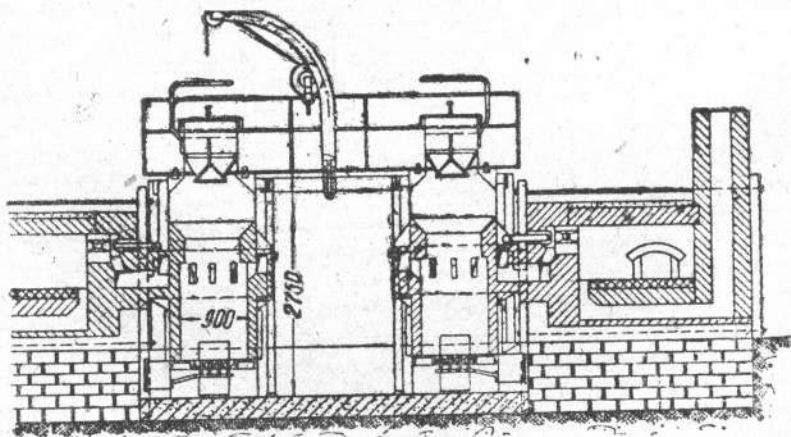
³ По материалам конференции ВНИТОЭ, см. сноску, стр. 21.



Разрез по K-L

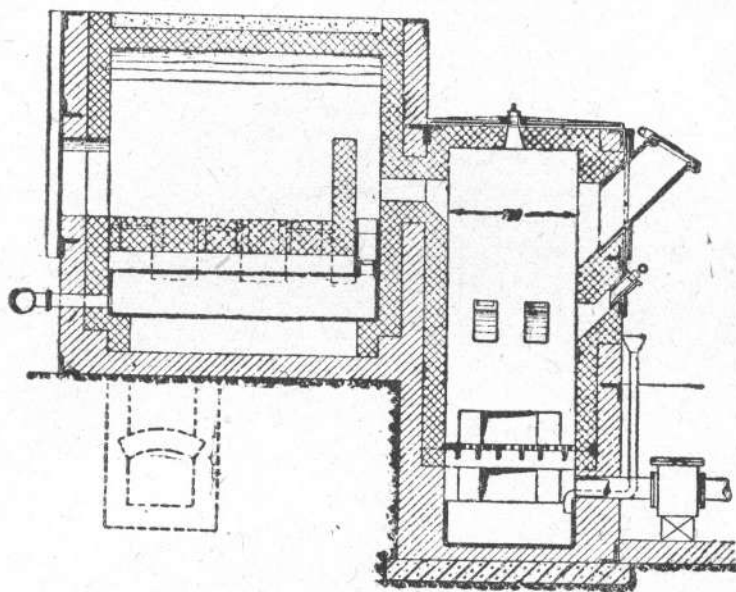


Фиг. 9. Компановка газогенераторной установки на Усть-Катавском заводе.



Фиг. 10. Компановка газогенераторной установки на Лысьвенском заводе.

На фиг. 9 показана типовая компоновка газогенератора и печи, принятая на Усть-Катавском заводе. Обслуживание топки производится на уровне пола цеха. Для загрузки газогенератора преду-



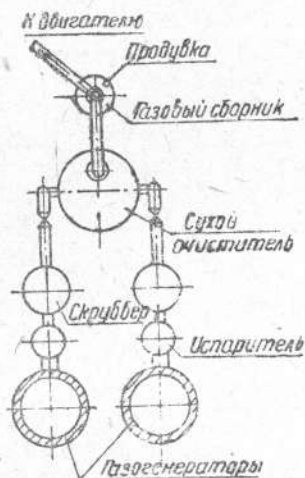
Фиг. 11. Компоновка газогенераторной установки на Омском заводе им. Куйбышева.

смотрена рабочая площадка на уровне верхней части шахты газогенератора. Аналогичная компоновка двух газогенераторов и двух печей, осуществленная на Лысьвенском заводе, показана на фиг. 10. Загрузка обоих газогенераторов производится с общей рабочей площадки. Площадка перед зольниковыми дверками заглублена относительно уровня пола цеха.

Несколько иное размещение газогенератора принято на Омском заводе (фиг. 11). Здесь газогенератор примыкает к печи и имеет с последней одну общую стенку. Загрузка топлива производится с уровня пола цеха. Для чистки колосников и удаления золы сделан приямок глубиной 0,85 м.

Примером установки с газоочистными сооружениями и газогенераторами, отнесенными от потребителя, может служить схема Полтаво-Брединской ЦЭС (фиг. 12). Газ из газогенератора поступает в испаритель, назначение которого — дать пар для газогенератора за счет использования физического тепла газа. Как уже ранее указывалось, работа с испарителем вызывает ряд осложнений, особенно ощутимых в начальный период пуска газогенератора. Поэтому необходимо обеспечить установку резервным паром палниии, не зависящей от работы газогенератора. После испари-

теля газ проходит скруббер, сухой пыле- и каплеуловитель, затем газосборник, имеющий назначение — также выделить часть скон-



Фиг. 12. Схема расположения газогенераторов и газоочистных устройств на Полтаво-Брединской ЦЭС.

денсировавшейся влаги и смолы, и, наконец, подается к потребителю, в данном случае — к газомотору.

II. ОПЫТНЫЙ ПОЛУМЕХАНИЗИРОВАННЫЙ ГАЗОГЕНЕРАТОР КОНСТРУКЦИИ ВНИИТ

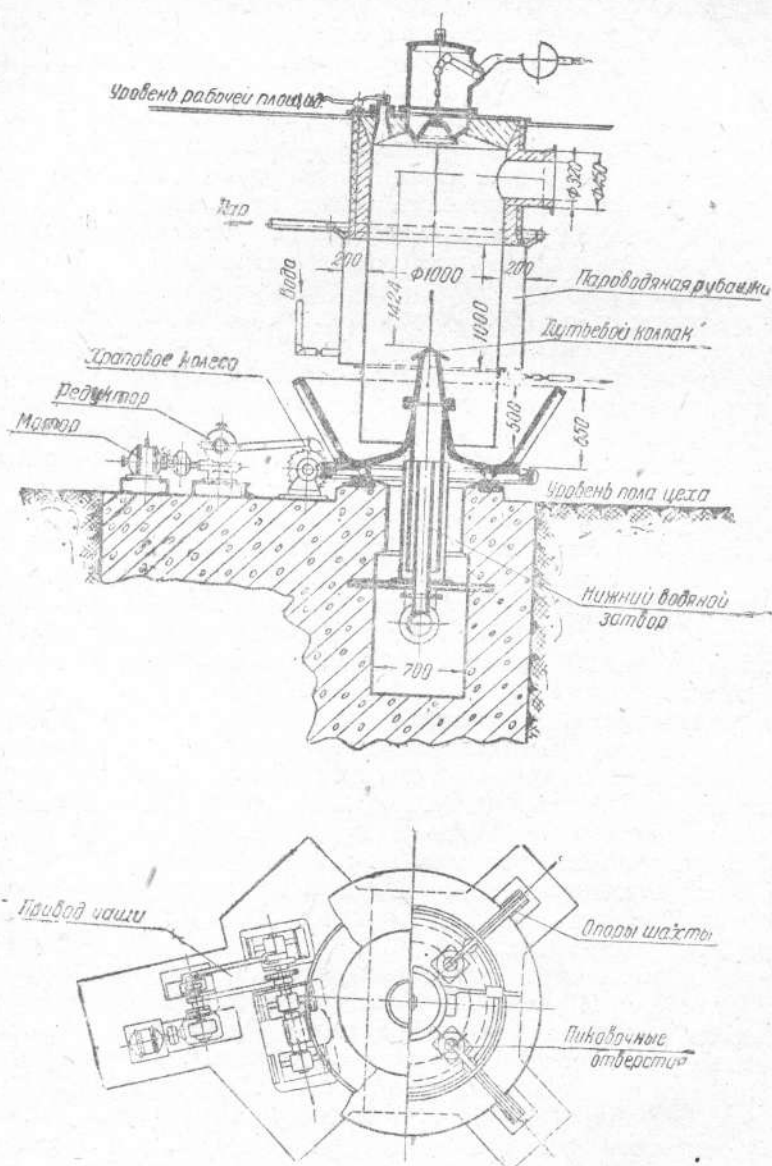
Описание конструкции газогенератора

Из приведенного выше материала видно, что разработанные и осуществленные на ряде заводов конструкции газогенераторов имеют существенные недостатки, не позволяющие рекомендовать какую-либо из них в качестве типовой, пригодной для газификации более или менее широкой номенклатуры топлива и в частности зольного. Но так как все же потребность в газогенераторах малых габаритов все возрастала, Восточный институт топливоиспользования (бывш. УОВТИ) в 1939 г., с целью создать типовую конструкцию индивидуального газогенератора, разработал проект опытного полумеханизированного газогенератора с диаметром шахты 1,0 м¹.

При разработке проекта ставилась задача, во-первых, сделать газогенератор пригодным для газификации возможно более разнообразных сортов и марок топлива, в частности углей с повышенной зольностью, при легком обслуживании газогенератора, а, во-вторых — создать условия, максимально способствующие дости-

¹ Проект установки выполнен инженерами С. Г. Тройб и В. А. Захариковым.

жению устойчивого режима газификации, при высоких технических показателях: хорошем качестве газа и высокой удельной произ-



Фиг. 13. Общий вид опытного полумеханизированного газогенератора конструкции ВНИИТ.

водительности газогенератора, а также при необходимой, для нормальной эксплуатации, плотности установки. Эти требования, в основном, и определили выбор конструкции. Газогенератор (фиг. 13)

спроектирован с механизированным золоудалением, по типу обычных газогенераторов, т. е. с вращающейся чашей и выгребными ножами. Загрузочное устройство представляет собой чугунную литую коробку, с нижним конусным затвором и верхней откидывающейся крышкой, имеющей периферийное сухое уплотнение, в виде кольцевой мягкой прокладки. Конус опускается с помощью рычага, к которому он подвешен на цепи. Емкость загрузочной коробки около $0,12 \text{ м}^3$. На верхней сводовой плите газогенератора предусмотрены четыре пиковочные отверстия, снабженные паровыми отбойниками. Нижняя часть шахты газогенератора, с целью облегчить обслуживание при газификации углей с легкоплавкой золой, выполнена в виде пароводяной рубашки, высотой $1,0 \text{ м}$, при наружном диаметре $1,4 \text{ м}$ и внутреннем, равном внутреннему диаметру шахты, т. е. $1,0 \text{ м}$. Верхняя часть шахты, железная сварная, футерована шамотовым кирпичом (толщина футеровки 130 мм) и заканчивается сводиком, набранным также из шамотного кирпича и покрытым железной плитой, к которой крепится загрузочная коробка. Газоотвод односторонний, расположен в верхней части шахты, диаметр железного газоотводящего патрубка 450 мм . При футеровке шамотовым кирпичом, толщиной 65 мм , внутренний диаметр газоотвода составляет 320 мм . Для работы с повышенной упругостью дутья нижняя часть шахты снабжена цилиндрической железной юбкой, высотой, 550 мм . При высоте чаши 650 мм полезная рабочая высота водяного затвора составляет 500 мм . Чаша чугунная литая, наружный диаметр верхней ее части 2120 мм . Для удобства выполнения и монтажа она делается разъемной, из двух или трех частей. Поддон, также чугунный, литой, устанавливается на верхнее опорное кольцо. По периферии поддона крепится составной литой обод с червячными зубцами. Нижнее опорное кольцо, по которому перемещаются шары (30 штук, диаметром 50 мм), несущие верхнее опорное кольцо, покоится на бетонном фундаменте, на котором также крепится червяк с храповым колесом, червячный редуктор ($i = \overline{1/16}$) с эксцентриком и мотор, мощностью $0,8 \text{ квт}$, при 950 об/мин. Весь привод рассчитан на скорость вращения чаши от $0,75$ до 3 оборотов в час.

Паровоздушная смесь подводится в газогенератор по трубопроводу, диаметром 200 мм , проложенному в проеме фундамента, в котором по оси газогенератора установлен водяной затвор, имеющий полезную высоту $\sim 700 \text{ мм}$ и соединяющий трубопровод с воздухораспределительным устройством. Последнее имеет вид дутьевого колпака («гриба») с восемью отверстиями, размера $30 \times 36 \text{ мм}$, расположенными по периферии, в один ряд. Расстояние от колпака до нижней кромки юбки газогенератора 750 мм , а до газоотводящего патрубка, т. е. максимальная полезная высота слоя шлака и топлива, около $1,2 \text{ м}$. Общий вид газогенератора показан на фиг. 13. Подача топлива в загрузочную коробку производится из бункера, имеющего у нижней воронки секторный затвор. Газ по выходе из газогенератора поступает в сухой пылеуловитель, цилиндрический, футерованный шамотовым кирпичом и имеющий

боковой, тангенциальный ввод и верхний центральный отвод газа. Тарельчатый отсекающий клапан с винтовым подъемом и свеча для продувки с задвижкой Лудло установлены между газогенератором и пылеосадителем. Высота рабочей площадки от уровня пола цеха — 2,5 м. Верхняя кромка фундамента заглублена на 0,5 м.

Газогенератор описанной конструкции был установлен в 1939 г. в экспериментальном цехе института и в листопрокатном цехе Верх-Исетского завода. В первом случае он имел назначение снабжать газом опытные установки, а также служил для опробования новых марок углей. Во втором случае установка предназначена для снабжения газом камерной нагревательной печи для сушки и пакетов листов.

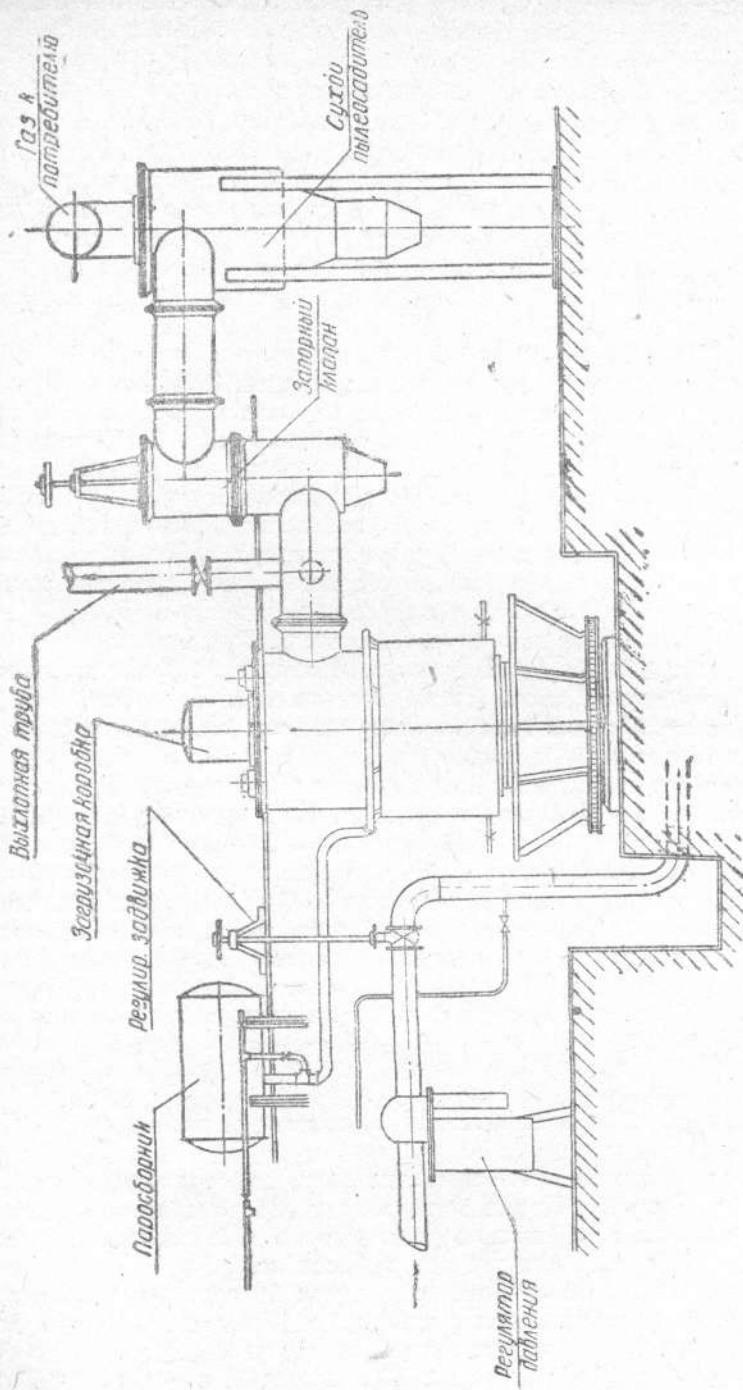
В экспериментальном цехе института, по условиям работы, было необходимо подавать к потребителям осушенный газ, поэтому после сухого пылеосадителя установлены: трубчатый водяной охладитель и вентилятор для повышения давления газа. Топливо подается в бункер с помощью наклонного скипового подъемника. В отличие от проекта шахта газогенератора опирается не на установленные на фундаменте колонны, а на горизонтальные балки, заделанные концами в стены здания, что, благодаря небольшим размерам газогенераторного помещения, оказалось более рациональным, так как облегчило доступ к чаше для ее обслуживания.

Схема установки газогенератора в листопрокатном цехе более проста (фиг. 14). Газ из генератора, пройдя запорный клапан и сухой пылеосадитель (циклон), поступает по железному газопроводу в головку печи. Подача газа регулируется как с помощью тарельчатого клапана, так и изменением подачи дутья в газогенератор. Топливо в бункер загружается цеховым мостовым краном, поэтому специального подъемника не ставили. На воздуховоде установлен регулятор давления колокольного типа. Для подачи пара в газогенератор на рабочей площадке был установлен паросборник, от которого пар подводился в воздуховод. Однако, паросборник вскоре был удален как не оправдывающий своего назначения, и подача пара производилась из цеховой паровой линии, находящейся нормально под давлением около 0,5 атм. Выхлопная труба установлена на патрубке между газогенератором и тарельчатым клапаном.

Результаты эксплуатации опытного газогенератора

Работа опытного газогенератора была проверена на коксике и кольчугинском угле. Кроме того, в этом газогенераторе была проведена опытная газификация угля нового Обманковского месторождения, Кизеловского угольного бассейна.

Специальным испытанием, длившимся 12 суток, работа газогенератора на кольчугинском угле марки Д была проверена заводом в 1941 г. В газогенератор подавался уголь, крупностью 20—50 мм, имевший следующий средний технический анализ: $W^p = 10,4\%$, $A^c = 10,4\%$, и $V^c = 34,6\%$.



Фиг. 14. Схема установки опытного полумеханизированного газогенератора.

Работа проводилась при следующих режимных параметрах:

высота слоя топлива	≈ 500 мм
высота зольной подушки	от 40 до 250 мм
давление паровоздушной смеси	280 мм вод. ст.
давление газа на выходе	114 » » »
температура паровоздушной смеси	43° С

Получен газ среднего состава: CO_2 —5,5%, O_2 —0,3%, CO —23,5%, H_2 —12,3% и CH_4 —2,1%, с теплотворной способностью 1230 кал/н. м³ с. г. и температурой на выходе из газогенератора 625°С. Производительность газогенератора, в среднем, за период опыта была равна 5,75 т/сутки, что соответствует весовому напряжению сечения шахты 305 кг/м²·час. За отдельные смены достигалось напряжение сечения шахты 425 кг/м² час. Среднее за опыт содержание горючего в шлаке составило 10,1%.

Значительное противодавление газа вызывалось большим сопротивлением циклона (50—60 мм вод. ст.) и горелочных устройств. В течение опыта наблюдались значительное шлакование, а также большой вынос пыли в газопровод и выделение смолы и влаги в последнем.

Как показала последующая практика эксплуатации установки, при работе газогенератора с производительностью, соответствующей полученной в среднем за опыт, необходимость чистки газопроводов от скопившейся пыли и смолы возникла, примерно, через 20 суток работы. При работе газогенератора на рядовом, т. е. несееяном угле достигалась производительность газогенератора 3,8 т/сутки, т. е. напряжение сечения шахты—200 кг/м² час. Газопроводы при работе на рядовом угле приходилось чистить через каждые 12—15 суток работы. Практика эксплуатации также показала, что при хорошем обслуживании газогенератора и при работе на просеянном угле, калорийность газа может быть значительно повышена. Так, достигалась теплотворная способность газа, равная 1400—1450 и даже 1500 кал/н. м³ с. г.

Опыт работы газогенератора в экспериментальном цехе ВНИИТ в течение нескольких месяцев на сортированном коксике и коксе показал возможность получения устойчивого режима газификации. Так, при работе на топливе, просеянном на сите с ячейками 10×10 мм и содержащем $W^p=10\%$ и $A^c=20\%$, достигается производительность газогенератора 3,4 т/час, что соответствует весовому напряжению сечения шахты 180 кг/м² час, — теплотворная способность сухого газа 1050 кал/н. м³ и температура газа 450°С, при следующих режимных параметрах:

высота слоя топлива	500—600 мм
высота шлаковой подушки (по центру)	50—150»
давление паровоздушного дутья	170 мм вод. ст.
температура паровоздушного дутья	52° С

Затруднений с золоудалением не наблюдалось. При сохранении шлаковой подушки высотой не более указанной, шлакования генератора не было. Несколько пониженная, против нормальной, теплотворная способность газа объяснялась недостаточной температурой паровоздушной смеси, так как содержание водорода в

газе обычно колебалось в пределах 6—8%, при содержании CO_2 —6%. Повидимому, сказывалось также влияние водяной рубашки, вызывавшей охлаждение слоя по относительно большой площади сечения шахты, имевшей относительно небольшой диаметр (1 м).

Представляют также интерес материалы по опытной газификации каменного угля Обманковского месторождения Кизеловского бассейна, проведенной на газогенераторе в экспериментальном цехе ВНИИТ в 1941 г.¹ Всего было проведено шесть опытов, при длительности каждого около суток, с различными высотой слоя, температурой паровоздушной смеси и форсировкой газогенератора. Уголь, поступавший в газогенератор, предварительно просеивался на двух ситах с размерами ячеек 10 и 40 мм, однако, как показали контрольные рассевки, в газогенератор подавалось до 25% мелочи, с размером кусков ниже 10 мм. Средний технический анализ угля: W^p —9%, A^c —30—36%, V^c —30—32% и элементарный состав его сухой массы: C^c —47%, H^c —3,5—3,9%, N^c —0,9—1,1%, O^c —7,7—8,3% и S_{05}^c —4,6—4,8% показывают, что уголь отличается высокой зольностью и большим содержанием серы. Проверка спекаемости по корольку показала, что уголь—слабо спекающийся. Наиболее высокие показатели получены при высоте слоя топлива 1,0 м и температуре паровоздушного дутья 49—52°C. Качество полученного газа характеризуется следующим составом: CO_2 —4,7%, O_2 —0,2%, CO —25,3%, H_2 —11,7—12,4%, CH_4 —1,8—1,9% и теплотворной способностью (без учета содержащихся в газе SO_2 и H_2S), равной 1280—1320 кал/н.м³.с. Температура газа на выходе из газогенератора получена, соответственно форсировке газогенератора, от 185°C до 316°C. Производительность в одном из опытов была равна 3,3 т/сутки, а в другом 4,8 т/сутки, что соответствует весовому напряжению сечения шахты соответственно 175 и 268 кг/м².час. Содержание горючего в шлаках колебалось в пределах 10—16%. Процесс газификации протекал сравнительно устойчиво, однако зона горения была не яркой и растянутой. Спекаания топлива в газогенераторе, а также шлакования не наблюдалось. Последнее было следствием относительной тугоплавкости золы угля (t_1 —1190°, t_2 —1320° и t_3 —1360°C).

Небольшой опыт был проведен также с газификацией мелкого обманковского угля. В газогенератор подавался уголь, прошедший сито с ячейками размером 10×10 мм и оставшийся на сите с ячейками 6×6 мм. За 12 часов наблюдений зафиксированы: напряжение сечения шахты 218 кг/м².час, где содержание CO_2 в газе 6,6%, теплотворная способность сухого газа 1225 кал/н.м³ и температура газа на выходе ~ 120°C. Опыт проводился при высоте слоя топлива 600 мм, давлении паросмеси 80 мм вод. ст. и температуре ее 52°C. Процесс газификации протекал неустойчиво, требовалась частая шуровка слоя.

Опыт работы газогенератора на малозольном кольчугинском угле марки Д, сортированном коксике и опытная газификация

¹ Инж. М. Г. Гусева. Опытная газификация каменного угля Обманковского месторождения. Неопубликованный отчет ВНИИТ, 1941.

высокозольного обманковского угля выявили некоторые конструктивные недостатки газогенератора. Так, чрезмерная глубина чаши затрудняет работу золоудаления, что при газификации высокозольных углей приводит к неравномерному сходу шлака, загромождению низа генератора и искажению профиля шлаковой подушки, а следовательно и зоны горения. Так как при этом, даже при сравнительно высокой производительности газогенератора, лимитированной выносом большого количества мелочи в газопровод, запроектированная высота водяного затвора далеко не используется, она может быть значительно снижена, без ущерба для работы газогенератора. Наличие водяной рубашки, при небольшом сечении шахты, сказывается ухудшением качества газа. Относительно большая площадь зоны «рантгаза», которая может быть оценена для газогенераторов этих размеров, примерно, в 50—60% общего сечения шахты, снижает процент разложения пара дутья и приводит к пониженному содержанию водорода в газе, повышая при этом содержание CO_2 . Учитывая, что при небольшом сечении шахты и наличии достаточного числа пиковочных отверстий весь слой в газогенераторе легко обслуживается и нет серьезных оснований опасаться ошлакования поверхностей шахты, целесообразно отказаться от водяного охлаждения шахты и сделать ее на всю высоту футерованной¹.

Сечение газоотводящего патрубка следует увеличить, так как при форсировке газогенератора создается значительное сопротивление на выходе газа. Конструкция циклона может быть упрощена за счет ликвидации почти всей футеровки. Последнюю необходимо сохранять лишь на поверхностях, непосредственно омываемых выходящим, потоком газа. Кроме того, желательно заменить циклон пылесадителем низкоскоростного типа, для уменьшения сопротивления газовой трасы и снижения давления газа в генераторе.

Как при эксплуатации газогенераторов, так и в процессе их изготовления выявились возможность и целесообразность упрощения и рационализации отдельных деталей и элементов. В частности, при необходимости большая часть чугунных литых деталей может быть заменена железными сварными, без снижения надежности и удобства обслуживания газогенератора.

III. ТИПОВОЙ ПОЛУМЕХАНИЗИРОВАННЫЙ ГАЗОГЕНЕРАТОР КОНСТРУКЦИИ ВНИИТ

Результаты эксплуатации опытного газогенератора, подтвердившие целесообразность устройства механизированного золоудаления и загрузочного устройства с двойным затвором, обнаружили некоторые его недостатки и показали возможность упрощения конструкции отдельных элементов и удешевления стоимости установки. На основании полученного опыта, Институтом была

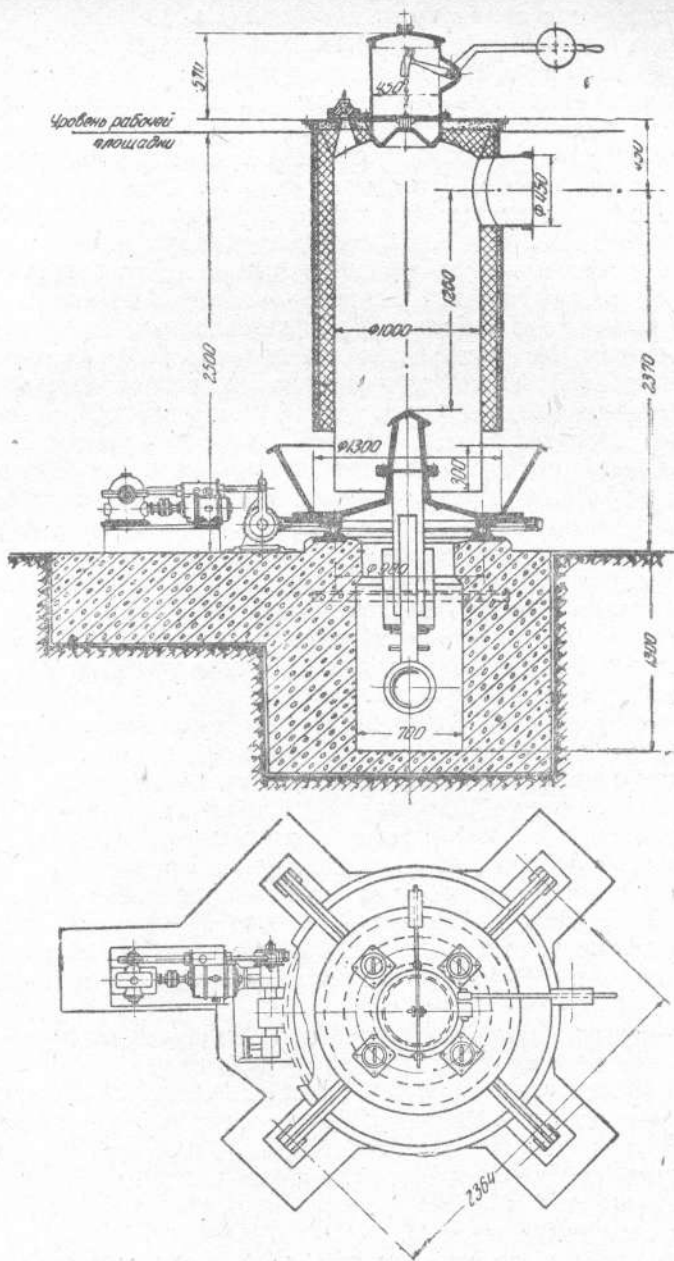
¹ Этот вывод, как показано ниже, вполне подтверждается опытом работы газогенератора без водяной рубашки на высокозольных челябинских углях с легкоплавкой золой.

разработана более совершенная конструкция полумеханизированного газогенератора¹. Значительные достоинства ее, проверенные в условиях длительной эксплуатации на различных видах топлива, позволяют рекомендовать эту улучшенную конструкцию в качестве типовой для широкой номенклатуры углей и других видов твердого топлива. Ниже приводятся: описание установки и ее элементов, примеры осуществленных компоновок с потребителями газа, результаты опытной газификации различного топлива, эксплуатационные материалы, а также предлагаются расчетные характеристики и нормальные эксплуатационные параметры.

Описание конструкции газогенератора и его элементов

Основные размеры типового газогенератора, определяющие его мощность, сохранены такими же, как и в опытном газогенераторе. Внутренний диаметр шахты принят равным 1,0 м (площадь сечения шахты 0,785 м²) и максимальная высота слоя 1,2 м. Эти размеры, как показал опыт, позволяют применять топливо с различными свойствами, при легком обслуживании генератора и достаточно устойчивом режиме процесса, а кроме того удовлетворяют широкий круг потребителей. Отбор газов также сохранен односторонним, расположенным в верхней части шахты. Железный патрубок имеет внутренний диаметр 450 мм. С целью уменьшить сопротивление на выходе газа, что существенно при форсировке газогенератора, свободное сечение газоотвода увеличено, за счет футеровки, выполнявшейся в опытном газогенераторе. Наблюдения при эксплуатации подтвердили полную возможность работы газогенератора с нефутерованным газоотводом, при относительно близком расположении газогенератора от потребителей (до 10—12 м). Стойкость газопровода обеспечивается достаточно длительная, а охлаждение газа относительно невелико. При указанной длине газопровода снижение температуры газа не превышает 40—60°C, и смолывыделения не наблюдается даже при работе на торфе. Площадь сечения газопровода, по этим соображениям, сделана равной 0,16 м². Общий вид генератора показан на фиг. 15. Как уже указывалось, водяная рубашка, при внутреннем диаметре газогенератора 1,0 м, ощутимо ухудшает качество газа, а также усложняет конструкцию и при эксплуатации требует дополнительного ухода и наблюдения. Между тем, сравнительно небольшие размеры газогенератора позволяют хорошо обслуживать слой, поэтому ошлакование поверхностей шахты серьезных опасений не вызывает. Учитывая указанное, типовая конструкция генератора выполнена без водяной рубашки. Вся шахта футерованная шамотовым кирпичом. Толщина футеровки 113 мм. Между футеровкой и железным сварным кожухом предусмотрена тепловая изоляция, толщиной около 30 мм. Такая же изоляция сделана и между шамотовым сводом шахты и верхней железной плитой, на

¹ В разработке конструкции принимали участие инж. В. А. Захариков, канд. техн. наук К. В. Маликов и автор.



Фиг. 15. Общий вид типового полумеханизированного газогенератора конструкции ВНИИТ.

которой крепится загрузочная коробка и размещены четыре пиковочных отверстия с паровыми отбойниками.

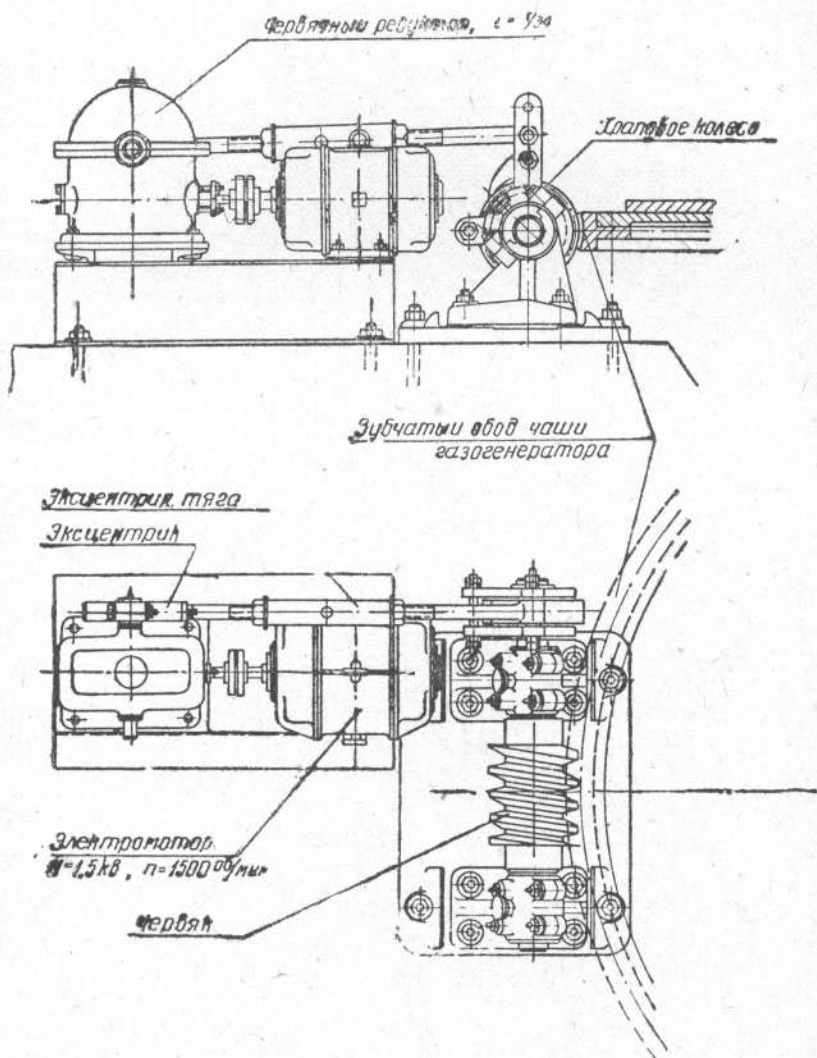
Нижняя часть шахты заканчивается железной юбкой, высотой 400 мм. Чаша генератора сконструирована железной сварной и для удобства монтажа — составной, из трех частей. Высота чаши 450 мм и диаметр в верхней части 1850 мм. Полезная высота водяного затвора чаши 300 мм, т. е. значительно меньше, чем в опытной конструкции. Практика показала, что применение более высокого затвора не вызывается необходимостью и лишь затрудняет золоудаление. Поддон, опорные кольца, обод червячного колеса и дутьевой колпак делаются литыми. Для облегчения монтажа обод отливается из трех-четырех отдельных частей, которые болтами крепятся к поддону. Зубцы обода выполняются в виде чистой отливки, без дополнительной механической обработки. Для уменьшения сопротивления дутьевого колпака, общее сечение отверстий для выхода паровоздушной смеси в слой увеличено, по сравнению с опытной конструкцией, более чем вдвое. Полезная высота нижнего водяного затвора составляет около 400 мм и диаметр патрубка, подводящего паровоздушную смесь, в узком месте, т. е. в сечении водяного затвора, 120 мм. Трубопровод от вентилятора до нижнего водяного затвора имеет диаметр 200 мм.

Вся шахта газогенератора опирается на четыре железные, сварные колонны, установленные на общем фундаменте. Средняя часть фундамента, на которую уложено нижнее опорное кольцо чаши, для удобства обслуживания чаши и привода, имеет отметку 300 мм над уровнем пола цеха. Уровень рабочей площадки, с которой производится обслуживание генератора (загрузка топлива, пиковка) имеет отметку 3,0 м над уровнем пола цеха.

Вращение чаши газогенератора производится от мотора, мощностью 1,5 квт, при 1500 об/мин, через червячный редуктор с передаточным числом $i=1/34$, эксцентриковую тягу, храповик, храповое колесо и закрепленный на одном валу с ним червяк. Последний сцепляется с зубчатым ободом поддона, имеющим 114 зубцов. Описанный привод позволяет, путем изменения расстояния между цапфами тяги и храповика, изменять число оборотов чаши от 1 до 3 в час. Общая компоновка привода чаши показана на фиг. 16.

Топливо поступает в газогенератор из бункера, расположенного над газогенератором. Течка бункера, из которой топливо переходит в загрузочную коробку, перекрывается секторным затвором. Для подачи топлива в бункер сооружается скиповый подъемник, работающий от электролебедки. Такой подъемник может обслуживать два газогенератора, расположенные рядом и имеющие отдельные топливные бункеры. Над бункерами устанавливаются распределяющие желоба:

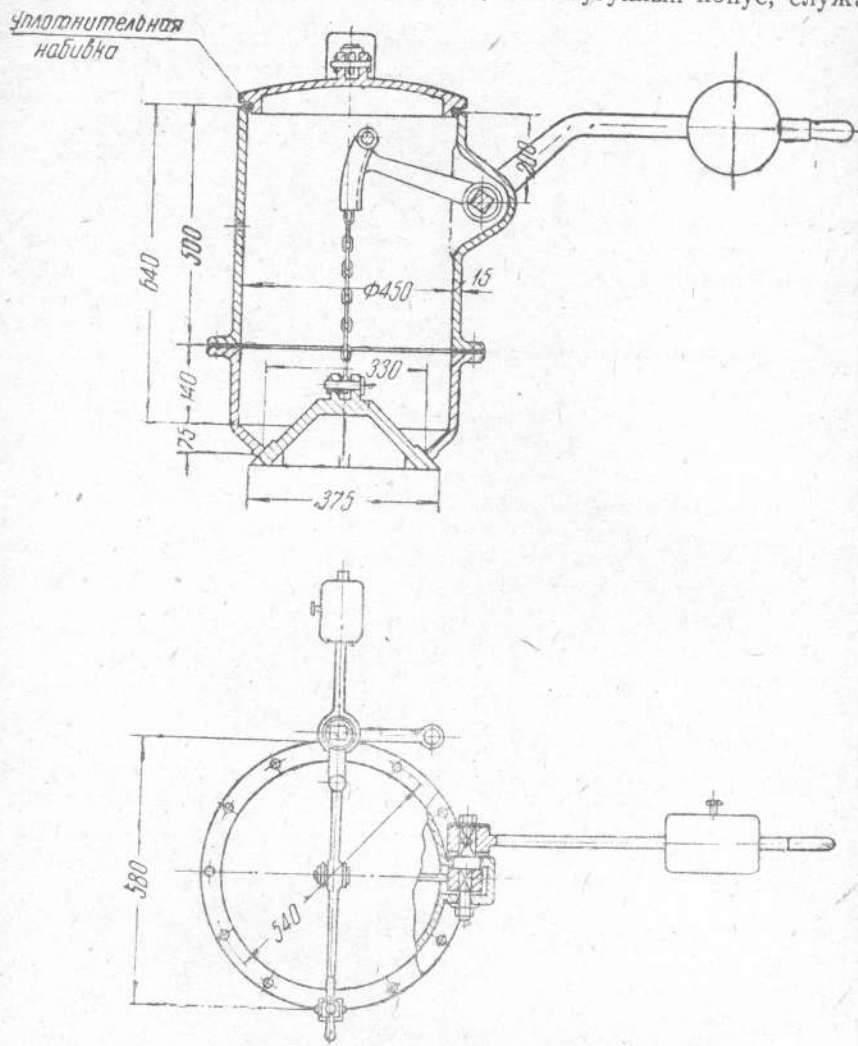
Зола, выгребаемая из чаши при ее вращении, с помощью одного или двух ножей (лемехов), прикрепленных к юбке газогенератора, или опорам шахты, периодически убирается из цеха вручную, так как сравнительно небольшое ее количество не вызывает необходимости в специальной механизации золоуборки.



Фиг. 16. Компановка привода чаши газогенератора.

Загрузочная коробка может быть чугунной литой или — для облегчения конструкции — железной сварной. В последнем случае нижняя часть ее, а также конус делаются литыми.

На фиг. 17 показана конструкция чугунной литой загрузочной коробки для угля, емкостью около 0,1 м³. Чугунный конус, служа-

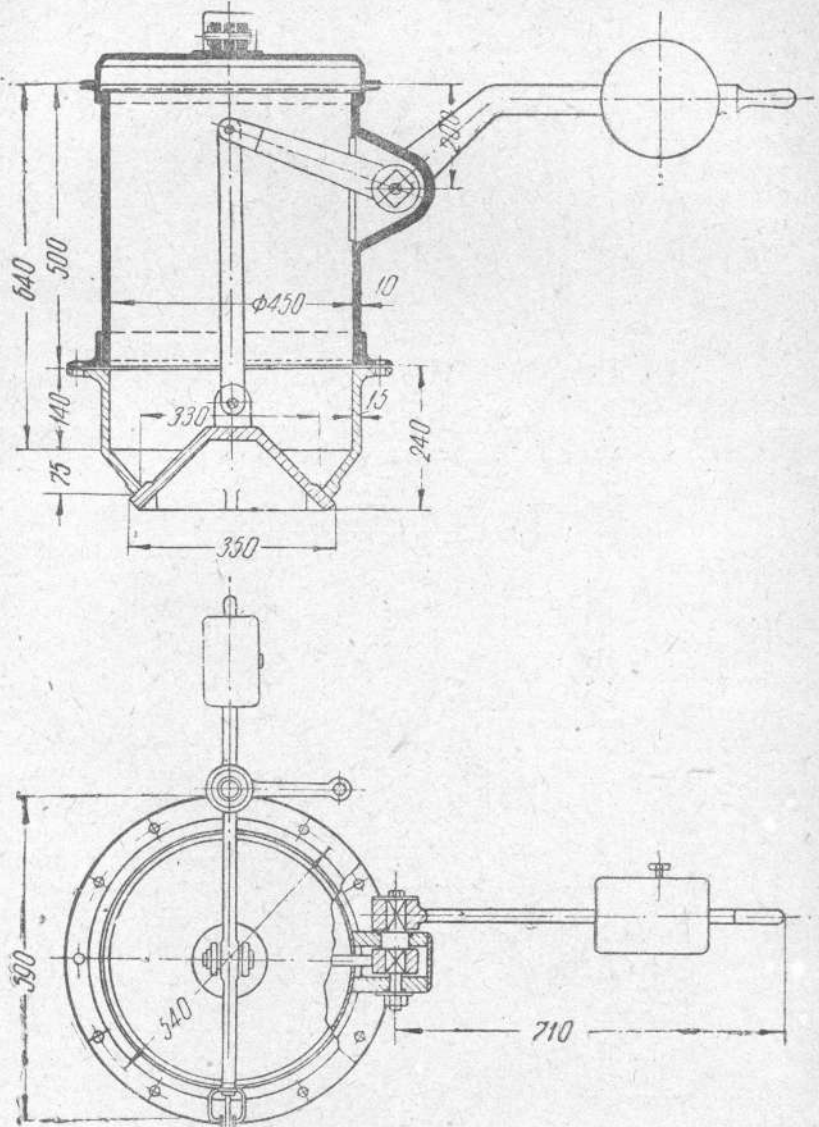


Фиг. 17. Чугунная литая загрузочная коробка для угля,

ший нижним затвором, подвешен на цепи к рычагу с противовесом. Верхняя крышка имеет мягкое кольцевое уплотнение — асбестовую набивку. После загрузки топлива в коробку и перед опусканием конуса крышка прижимается к коробке с помощью винта. Таких же размеров коробка для угля, но железная сварная, показана на фиг. 18. В этой конструкции конус подвешен не на цепи, а на планке.

упрощено устройство, прижимающее крышку к коробке. и отсутствует мягкое уплотнение крышки.

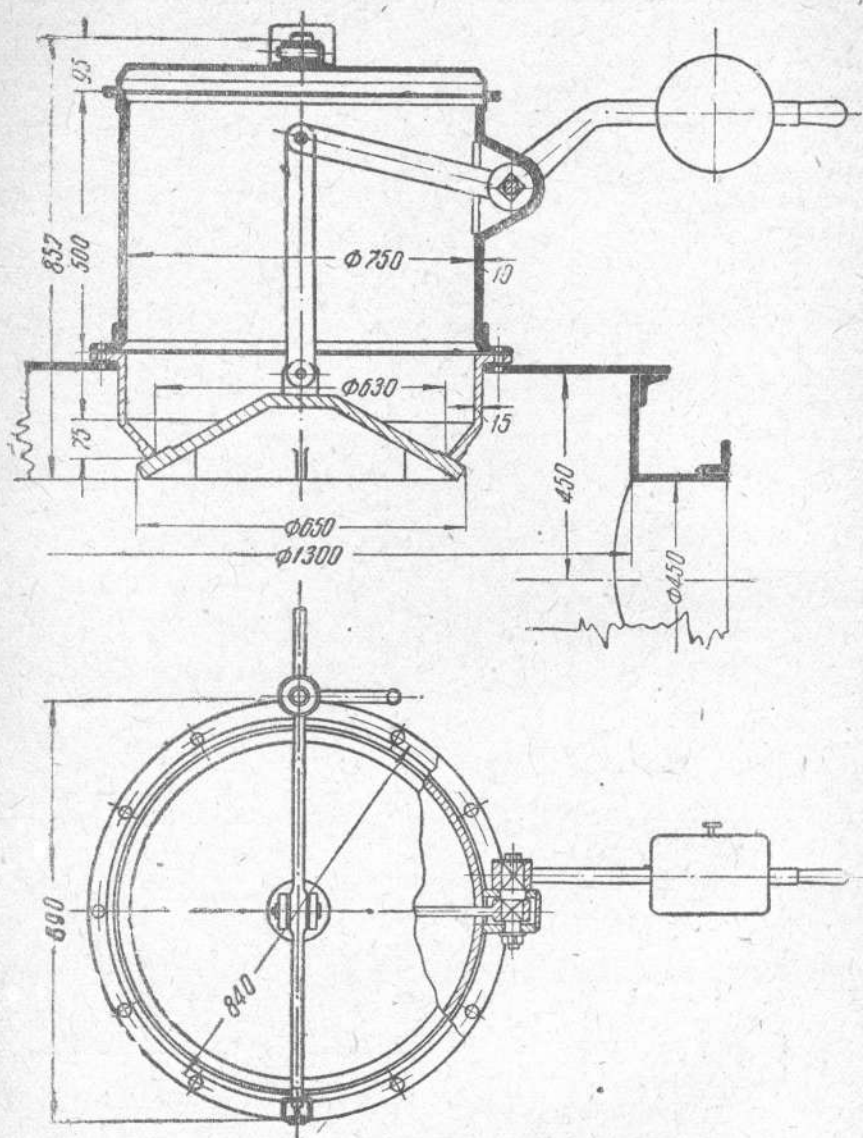
Для топлива с малым объемным весом (торф, щепа, мелкая чурка) применение описанных выше загрузочных коробок нерационально.



Фиг. 18. Железная сварная загрузочная коробка для угля.

нально. Небольшая их емкость вызывает необходимость в очень частой загрузке топлива, что лимитирует производительность газогенератора. На фиг. 19 показана конструкция железной, сварной загрузочной коробки увеличенной емкости, успешно применявшей-

ся при газификации кускового торфа. Полезный объем коробки около $0,3 \text{ м}^3$ получен за счет увеличения ее диаметра. Соответственно увеличен диаметр нижнего отверстия (с 330 мм для угля,



Фиг. 19. Загрузочная коробка увеличенной емкости.

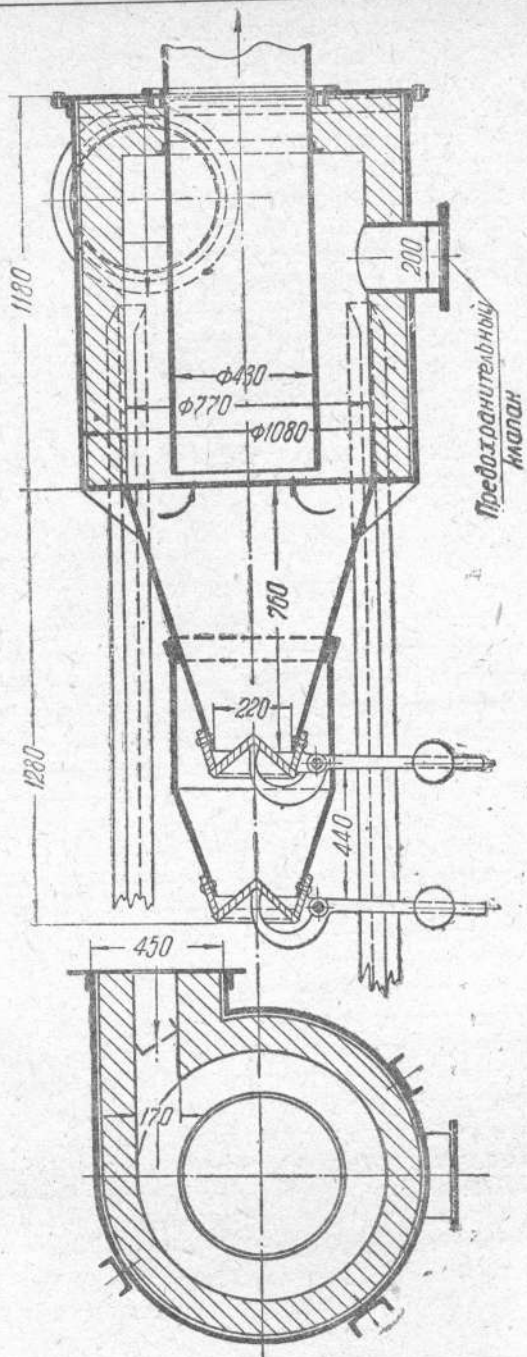
до 600 мм для торфа). Замена угольной загрузочной коробки торфяной требует смены верхней сводовой плиты газогенератора и удаления верхней части футеровки шахты, на 300 мм ниже газоотводящего патрубка. Последнее делается с целью улучшить распределение топлива в слое, а также — увеличить емкость шахты

газогенератора, что может оказаться полезным при подаче топлива (торфа, чурки) повышенной влажности.

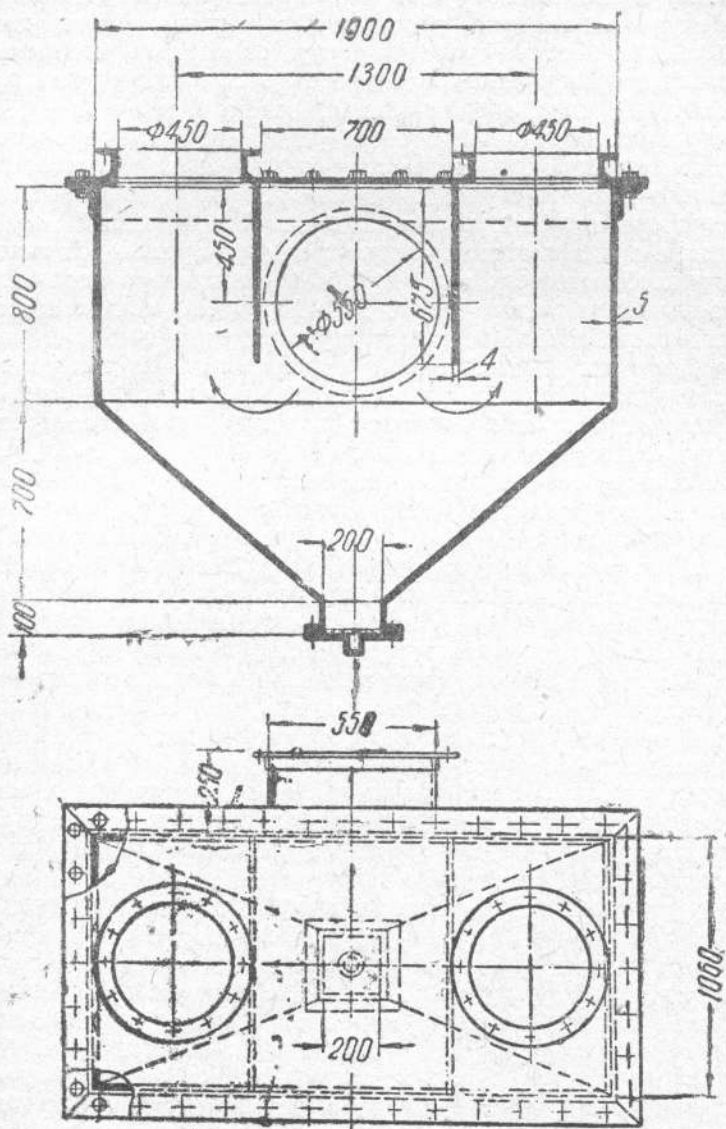
Как указывалось ранее, в осуществленных установках опытного газогенератора применялся футерованный сухой пылеосадитель циклонного типа. Общий вид его показан на фиг. 20. В последующих установках был принят пылеосадитель упрощенной конструкции, представляющий собой прямоугольную коробку с бункером для осаждающейся пыли и перегородками для изменения направления движения газа (фиг. 21). Пылеосадитель не футерован и рассчитан на раздельную подачу газа к двум потребителям, для чего на крышке его расположены два запорных тарельчатых клапана. Опыт эксплуатации показал, что такая конструкция может успешно применяться как при работе на каменном угле, так — тем более и при работе на торфе и древесине. Целесообразно все же снабжать футеровкой стенку, противоположную входному отверстию, для защиты ее от перегрева в периоды ненормальной работы газогенератора (при прогарах). Пылеосадитель с перегородками создает меньшее сопротивление на пути газа, что в ряде случаев имеет существенное значение.

Примеры выполненной компоновки газогенератора с потребителями

Описанная конструкция типового полумеханизированного газогенератора уже получила в настоящее время широкое распространение и осуществлена на ряде заводов Урала, преимущественно с целью снабжения «горячим» газом камерных плавильных печей для цветного металла. Соответственно мощности потребителей, один газогенератор предназначался для обслуживания одной или двух печей. Выполненные установки комплектуются из одного или двух расположенных рядом газогенераторов, устанавливаемых либо в специальном помещении, либо непосредственно в здании цеха, в обоих случаях на небольшом расстоянии от печей. При сооружении газогенераторов в здании цеха рабочая площадка и бункеры крепятся на специально устанавливаемых колоннах, а скиповой подъемник устанавливается за пределами цеха. При ограниченной кубатуре цеха предпочтительна установка газогенераторов в специальном помещении, однако для облегчения наблюдения со стороны газовщика за работой печей необходимо предусмотреть выход в цех как с рабочей площадки, так и из зольного помещения, а также достаточно большие застекленные окна на рабочей площадке, со стороны печей. Для подачи воздуха в газогенератор обычно устанавливают специальный вентилятор на один или оба газогенератора. Для использования полной мощности газогенератора необходим вентилятор, создающий напор 400 мм вод. ст. при максимальной производительности, с учетом потерь и резерва, 600—700 н. м³/час. Однако нередко оказывается возможным установить общий вентилятор как для подачи воздуха в газогенератор, так и на печи. В этом случае характеристика вентилятора для группы, обслуживаемой одним газогенератором, должна быть: $h=400$ мм вод. ст. и $V=1500—1700$ н. м³/час.



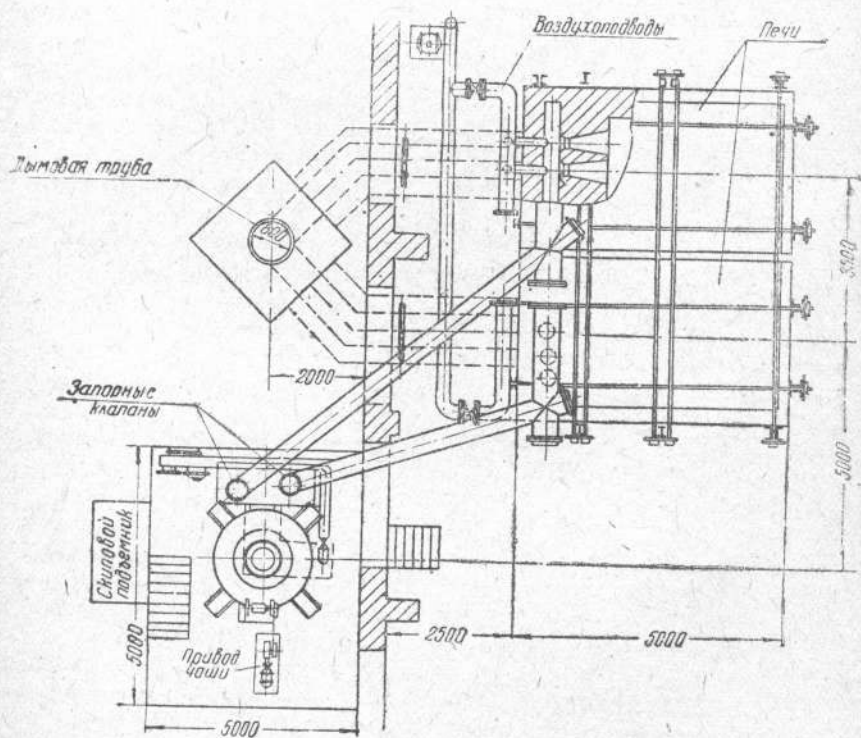
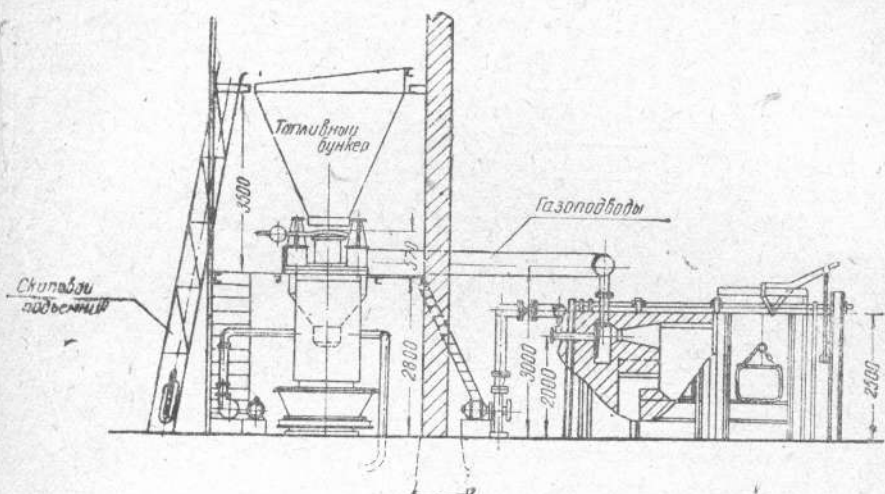
Фиг. 20. Сухой пылесоситель циклонного типа:



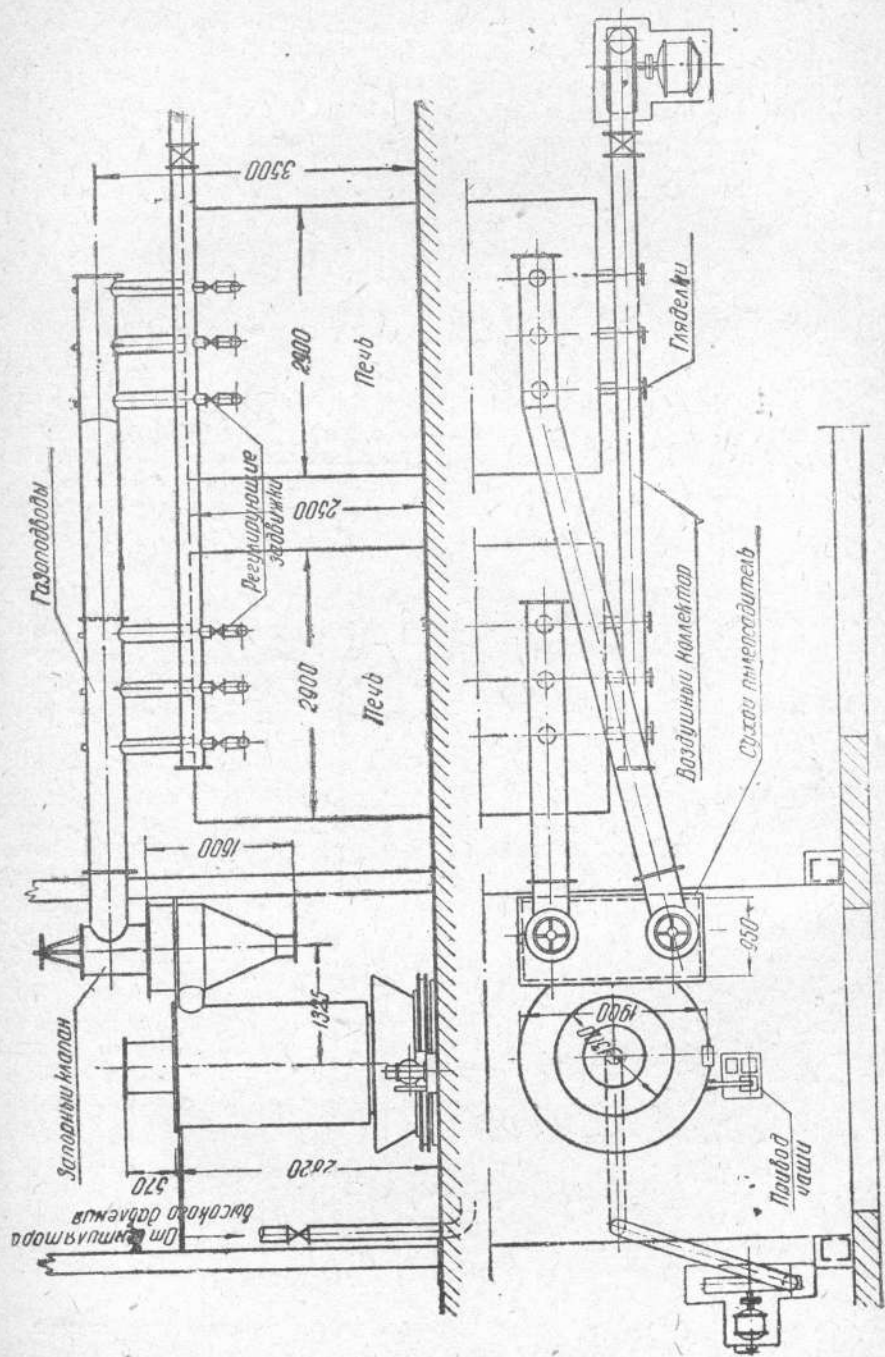
Фиг. 21. Упрощенная конструкция сухого пылесадителя.

На фиг. 22 показана компановка одного газогенератора и двух печей, с установкой газогенераторов в специальном помещении. На фиг. 23 аналогичная группа компануется в здании цеха. Приведенные схемы не следует рассматривать, как типовые, так как разнообразие местных условий будут определять компановку и расположение оборудования. Наиболее проста, естественно, компановка газогенератора с одним потребителем. В этом случае, газогенератор может быть расположен наиболее близко к печи, что вообще желательно, так как сокращение длины газопроводов существенно облегчает уход за ними. Напротив, при компановке газогенератора с целым рядом мелких потребителей основное затруднение создает отдаленность их от места установки газогенератора и необходимость сооружения разветвленной газовой сети или протяженных газопроводов. В этом случае, возможность подключения потребителей решается с учетом вида топлива, расхода газа каждым потребителем, возможности хорошо теплоизолировать газопроводы и необходимости, при отоплении «горячим» газом, не допускать понижения температуры его ниже пределов, при которых происходит выделение в газопроводах смол, усложняющих очистку газопроводов от пыли.

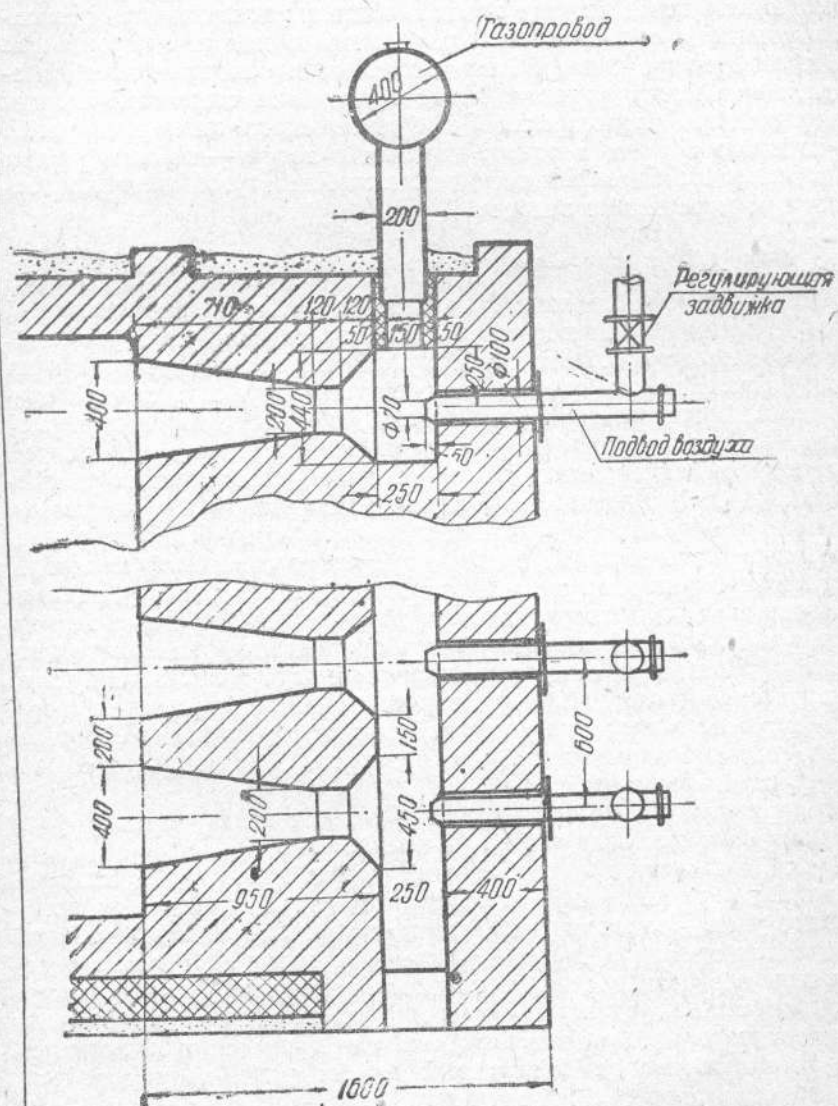
В заключение уместно дать краткое описание горелочного устройства, хорошо себя зарекомендовавшего в эксплуатации, при работе на неочищенном («горячем») газе. Так как давление газа на выходе из генератора желательно поддерживать возможно более низким (порядка $+5-10$ мм вод. ст.), сопротивление газовой трассы, и особенно горелочных устройств, должно быть возможно меньше. Поэтому целесообразно применение горелочных устройств инжекционного типа, в которых инжектирующей средой служит воздух. Опробованное, при внедрении описанных газогенераторов, горелочное устройство устраивается в кладке печи, в виде инжекционного смесителя (фиг. 24), с диффузорными выходными каналами. Воздух подается через коническую насадку, со скоростью выхода порядка $12-20$ м/сек, в смесительную камеру, которая может быть для облегчения чистки общей для ряда горелок. В эту камеру газ подводится вертикальными патрубками, достаточно большого сечения и с небольшой скоростью, т. е. при небольшом сопротивлении на выходе. Перемешивание и воспламенение смеси происходят в диффузорных каналах, поверхности которых обычно раскалены и служат надежными очагами запала. Такое горелочное устройство надежно в эксплуатации и обеспечивает, при правильном выборе размеров, хорошее смешение. Необходимое давление воздуха определяется максимально в 100 мм вод. ст. Распределение газа между несколькими смесителями, объединенными общей камерой, может осуществляться изменением подачи воздуха к каждому смесителю, для чего на воздухопроводах предусматриваются регулировочные задвижки. Установка же регулировочных приспособлений на газоподводах не представляется необходимой, что следует считать существенным достоинством конструкции, так как обычно регулировочные устройства на газопроводах неочищенного газа работают неудовлетворительно.



Фиг. 22. Пример компоновки газогенератора и печей при специальном помещении для газогенератора.



Фиг. 23. Пример компоновки газогенератора с печами в здании цеха.



Фиг. 24. Горелочное устройство для неочищенного «горячего» газа.

Результаты газификации различных видов топлива в типовом полумеханизированном газогенераторе

Практика работы полумеханизированных газогенераторов, описанной конструкции, на ряде заводов выявила возможность использования многих сортов топлива и установить для них нормальные технические показатели работы установки и основные эксплуатационные параметры режима. Ниже приводится опыт газификации кольчугинского, черногогорского и буланашского каменных углей, челябинского бурого, а также коксика и торфа — по материалам специальных наблюдений, проводившихся Институтом¹ и по эксплуатационным материалам заводов.

Опыт газификации кольчугинского каменного угля марки Д

Ленинский (кольчугинский) каменный уголь, длиннопламенный марки Д, принадлежит к лучшим газогенераторным углям и наименее требователен в отношении обслуживания газогенераторов и их конструкции. Высокие качества его характеризуются: слабой спекаемостью, небольшой склонностью к шлакованию, хорошей термической стойкостью, высокой реактивностью, низким содержанием серы, золы и влаги и высокой теплотворной способностью рабочего топлива. Единственный недостаток этого угля — его невысокая механическая прочность и, как следствие, обычно большое содержание мелочи, требующее тщательной предварительной просевки. В свежих партиях угля содержание мелочи ниже, чем в угле, подвергнутом длительному хранению на складах. Серьезные затруднения при газификации возникают в случаях поступления увлажненного (смоченного осадками) кольчугинского угля. Такой уголь почти не отсеивается от мелочи, так как сита замазываются и мелочь поступает в газогенератор, вызывая продувы в слое, кратерное горение и большой занос газопроводов, препятствующие форсировке газогенератора.

Ниже приводятся результаты газификации кольчугинского угля при различном качестве его подготовки.

Опыт № 1 относится к работе на угле с повышенной внешней влажностью, вызывавшей замазывание сит и низкое качество просевки угля. Несмотря на то, что весь уголь перед газификацией подвергался просевке на сите с размером ячеек 8×8 мм, в газогенератор поступало большое количество мелочи. Так как, кроме того, дробление крупных кусков угля не производилось, фактически топливо имело очень неблагоприятную для процесса гранулометрическую характеристику. Технический анализ угля, по средней за период опыта пробе, был следующий: $W^p = 10,6\%$, $A = 8,7\%$ и $V^c = 41,8\%$.

Общая зафиксированная продолжительность опыта составила 7 суток. В табл. 3 приведены средние суточные показатели процесса газификации и режимные параметры. Как видно, последние подерживались относительно постоянными. Несмотря на значительное

¹ Испытания проведены инженерами ВНИИТ В. А. Захариковым и М. Г. Гусевой.

Среднесуточные данные по газификации кольчугинского угля

Опыт № 1. (Уголь с повышенным содержанием мелочи)

Дата	Давление, мм вод. ст.		Температура, °С		Производительность газогенератора (в натуральн. топливе), т/сутки	Весовое напряжение сечения шахты, кг/м ² ·час	Состав сухого газа, объемн. %					Калорийность сухого газа, ккал/н. м ³
	паровоздушной смеси	газа	паровоздушной смеси	газа			CO ₂	O ₂	CO	H ₂	CH ₄	
4/VI	58	14	48	420	2,26	120	6,2	0,2	26,9	9,3	2,3	1255
5/VI	69	17	44	450	1,86	99	2,6	0,1	32,6	8,2	2,1	1386
6/VI	64	17	46	460	2,40	127	3,4	0,2	30,8	10,2	2,8	1439
7/VI	71	18	48	440	2,10	111	4,0	0,2	28,8	9,8	3,2	1407
8/VI	68	18	48	520	1,96	104	5,8	0,2	26,8	10,5	2,9	1334
9/VI	74	20	48	480	2,75	146	2,6	0,2	30,4	10,8	3,0	1462
10/VI	68	19	49	450	2,44	129	4,2	0,2	28,9	10,1	4,0(?)	1523(?)
Среднее за опыт	67	18	47,5	460	2,25	120	4,1	0,2	29,3	9,8	2,9	1392

количество мелочи в угле, процесс протекал весьма устойчиво, зоны газификации были ярко выражены и равномерны по сечению шахты. Обслуживание газогенератора никаких затруднений не вызывало, шлакования не наблюдалось, появившиеся прогары легко зашуровывались. Высота шлаковой подушки в течение опыта поддерживалась в пределах 50—150 мм (над дутьевым колпаком), а высота слоя топлива — от 350 до 400 мм. Промеры с помощью пик показали, что высота зоны горения колебалась в пределах 100—250 мм.

Средние за период первого опыта режимные параметры были выдержаны следующие:

давление паровоздушной смеси	67 мм вод. ст.
давление газа на выходе	18 » » »
температура паровоздушной смеси	47,5° С
температура газа	460° С
производительность газогенератора (натур. топл.)	2,25 т/сутки
весовое напряжение сечения шахты газогенератора	120 кг/м ² час.

При этом режиме газ получен со средней за период опыта калорийностью $Q_n^c = 1392$ кал/н. м³ с. г., состава: $CO_2 = 4,1\%$, $O_2 = 0,2\%$, $CO = 29,3\%$, $H_2 = 9,8\%$ и $CH_4 = 2,9\%$. Содержание горючего в шлаке составило, в среднем за опыт, 11,3%.

Следует однако оговорить, что относительно низкая производительность газогенератора определялась не только пониженным качеством топлива, но и ограниченной потребностью в газе. Поэтому в течение этого опыта попыток форсировать ход газогенератора не делалось.

Опыт № 2 существенно отличался по качеству подготовки угля и по повышенной потребности в газе, вынуждавшей вести газогенератор более форсированно. Работа проводилась на угле свежей добычи, хорошего, по внешнему виду, качества и с небольшим содержанием мелочи. Кроме того, производились тщательная просевка его сквозь сито с размером ячеек 8×8 мм и ручное дробление крупных кусков до размера 50 мм. Так как уголь подавался сухой, сортировка его была вполне удовлетворительной. Технический анализ угля, по средней пробе, отобранной за период опыта, длившегося 12 суток, получен следующий: $W^p = 6,1\%$, $A^c = 4,6\%$ и $V^c = 45,0\%$.

Средние за период опыта режимные параметры:

давление паровоздушного дутья —	223 мм вод. ст.
давление газа на выходе	36 » » »
температура паровоздушной смеси	48,4° С
температура газа	591° С
производительность газогенератора	4,26 т/сутки
весовое напряжение сечения шахты	226 кг/м ² час.

Высота слоя топлива поддерживалась в пределах 380—450 мм, а шлаковой подушки (по центру) 50—150 мм.

Процесс газификации протекал исключительно устойчиво, обслуживание газогенератора не вызывало никаких затруднений. Прогаров и шлакования не наблюдалось. Зона горения была ярко выражена, имела высокую температуру и высоту в пределах

100—200 мм. Средний за период опыта состав газа следующий: CO_2 —3,0% (при колебаниях за отдельные сутки от 2,4 до 3,6%), O_2 —0,2%, CO —29,9%, H_2 —11,3% и CH_4 —3,0%. Средняя теплотворная способность сухого газа составила 1460 кал/н. м³. Выжиг шлака был вполне удовлетворительным и характеризовался средним за опыт содержанием горючих 8,7%. В табл. 4 приведены средние показатели процесса и режимные параметры.

Опыт № 3 имел целью выявить возможность дальнейшей форсировки процесса, при одновременном получении высокого качества газа. Поступавший на газификацию уголь был так же, как и во втором опыте, свежей добычи и хорошего качества. Несколько повышенная влажность его, не выходявшая за пределы нормы, не вызывала затруднений при просевке, и сортировка угля (просевка на сите с ячейками 8×8 мм и подбивка крупных кусков) была вполне удовлетворительной. Средний за шестисуточный период опыта технический анализ угля был получен следующий: W^p = 9,1%, A^c = 4,8%, V^c = 38,8%.

Опыт был выдержан при следующих режимных параметрах:

давление паровоздушной смеси	. 195 мм вод. ст.
давление газа на выходе	. . . 17 » » »
температура паровоздушной смеси	. . . 48,8° С
температура газа 615° С
высота слоя топлива 450—500 мм
высота шлаковой подушки 50—100 мм

Производительность газогенератора, в натуральном топливе, поддерживалась в пределах 6,10—6,65 т/сутки и в среднем за опыт составила 6,36 т/сутки, что соответствует напряжению сечения шахты 337 кг/м²-час.

Дальнейшее увеличение производительности газогенератора ограничивалось, с одной стороны, невозможностью подать к потребителям большее количество газа, а с другой стороны — интенсивным выносом мелких частиц угля из слоя, что вызывало образование местных «кипящих» очагов, развивавшихся в явные прогары.

При выдержанной же в опыте производительности процесс газификации протекал вполне устойчиво, затруднений в обслуживании газогенератора не возникало, наблюдалось лишь небольшое шлакование у стенок шахты, которое легко ликвидировалось пропиковкой слоя. Зона горения в течение всего опыта была яркой, резко очерченной, равномерной по всему сечению шахты и имела высоту от 100 до 200 мм.

Качество газа получено вполне удовлетворительное. Средняя за опыт теплотворная способность его Q^c_n — 1441 кал/н. м³ с. г., и средний состав: CO_2 —3,0%, O_2 —0,2%, CO —29,9%, H_2 —11,0% и CH_4 —2,9%. Также вполне удовлетворительным был выжиг шлака; среднее содержание горючих в нем было равно 7,8%. Суточные показатели газификации за период этого опыта представлены в табл. 5.

В связи с тем, что сооружение механического золоудаления требует большой затраты времени и средств и поэтому не всегда может быть выполнено в короткий срок, представляло значительный

Среднесуточные данные по газификации кольчугинского угля
Опыт № 2. (Улучшенная подготовка топлива)

Дата	Давление, мм вод. ст.		Температура, °С		Прозводительность газогенератора (в натуральн. топливе), т/сутки	Весовое напряжение сечения шахты, кг/м ² -час	Состав сухого газа, объемн. %					Калорийность сухого газа, ккал/н. м ³
	паровоз-душной смеси	газа	паровоз-душной смеси	газа			CO ₂	O ₂	CO	H ₂	CH ₄	
11/VI	162	42	49	460	3,82	202	2,6	0,2	29,9	10,1	3,2	1444
12/VI	198	47	51	520	4,28	227	3,0	0,2	29,3	11,2	2,9	1428
13/VI	210	48	50	560	3,66	194	3,0	0,2	29,2	11,0	3,5	1471
14/VI	218	52	47	580	4,80	255	2,4	0,1	30,8	7,7	2,4	1341
15/VI	228	62	46	590	3,80	202	2,8	0,1	29,7	8,2	2,3	1311
16/VI	240	24	50	640	5,20	276	3,4	0,2	30,6	12,7	1,6	1395
17/VI	236	22	50	580	4,80	255	3,6	0,1	29,7	13,7	4,4(?)	1632(?)
18/VI	240	26	48	615	3,20	170	3,6	0,1	29,3	13,8	2,8	1487
19/VI	239	25	49	630	3,40	180	2,8	0,2	30,1	13,3	4,1(?)	1609(?)
20/VI	229	26	48	655	5,20	276	2,6	0,2	30,4	10,8	2,9	1451
21/VI	234	30	47	625	4,52	240	3,0	0,2	30,2	11,2	3,2	1481
22/VI	245	32	46	645	4,44	236	3,4	0,2	29,6	12,1	3,1	1477
Среднее за опыт	223	36	48,4	591	4,26	226	3,0	0,2	29,9	11,3	3,0	1460

Среднесуточные данные по газификации кольчугинского угля

Опыт № 3. (Форсировка генератора)

Дата	Давление, мм вод. ст.		Температура, °C		Производительность газогенератора (в натуральн. топливе), т/сутки	Напряжение сечения шахты, кг/м ² -час	Состав сухого газа, объемн. %					Калорийность сухого газа, ккал/н. м ³
	паровоз-душной смеси	газа	паровоз-душной смеси	газа			CO ₂	O ₂	CO	H ₂	CH ₄	
8/IX	187	16	49,8	615	6,30	334	2,6	0,2	30,3	11,8	2,8	1465
9/IX	212	18	48,6	640	6,10	324	2,8	0,2	29,8	10,9	2,9	1435
10/IX	192	18	49,2	625	6,45	342	3,4	0,2	29,2	11,4	3,1	1447
11/IX	177	17	48,1	595	6,30	334	3,6	0,2	28,8	10,8	2,7	1385
12/IX	189	18	48,4	605	6,35	337	2,4	0,2	31,2	9,9	2,8	1443
13/IX	215	18	48,8	610	6,65	353	3,2	0,2	30,2	11,2	3,1	1472
Среднее за опыт	195	17	48,8	615	6,36	337	3,0	0,2	29,9	11,0	2,9	1441

интерес определить характеристику работы газогенератора без механического золоудаления, т. е. без вращения чаши и при ручном удалении золы. С этой целью был поставлен специальный опыт, длительностью одни сутки, во время которого привод чаши был выключен и зола выгребалась из чаши специально поставленным работником, вручную, лопатой.

Подготовка угля производилась так же, как и в предыдущих опытах, однако при несколько пониженном качестве просевки, вызывавшемся повышенной влажностью угля. Средний, за период опыта, технический анализ угля был следующий: $W^p = 11,2\%$, $A^c = 6,8\%$ и $V^c = 38,3\%$. В течение этого опыта были выдержаны следующие режимные параметры:

давление паровоздушной смеси	± 170 мм вод. ст.
давление газа на выходе 16 » » »
температура паровоздушной смеси 49° С
температура газа 567° С
высота слоя топлива 400—450 мм
производительность генератора (в натуральном топливе) 3,75 т/сутки
весовое напряжение сечения шахты	195 кг/м ² час.

Процесс газификации протекал удовлетворительно, однако вследствие ручного удаления золы, которое очень трудно обеспечить совершенно равномерным по всему сечению шахты, зафиксирована значительная неравномерность высоты шлаковой подушки. Наблюдались местные скопления золы, а иногда и провалы. Указанное, естественно, отражалось на ходе газогенератора, увеличивало содержание горючего в шлаке, которое найдено равным 11,8%, и ограничивало производительность газогенератора. Качество газа все же было получено вполне удовлетворительным. Средняя калорийность его составила 1410 кал/н. м³ с. г., а средний состав был: $CO_2 = 4,9\%$, $O_2 = 0,2\%$, $CO = 26,0\%$, $H_2 = 13,7\%$ и $CH_4 = 3,1\%$.

Проведенный опыт показал, что при работе газогенератора с ручным удалением золы результаты получаются ниже как в отношении качества газа, так и в отношении возможной производительности. Кроме того, обслуживание газогенератора затрудняется. Если при работе с механизированным золоудалением газогенератор полностью обслуживается одним человеком, то при работе с неподвижной чашей требуются уже два человека.

Представленные выше материалы специальных наблюдений работы газогенератора на кольчугинском угле марки Д полностью подтверждаются многомесячной практикой эксплуатации таких газогенераторов. В обычных производственных условиях достигаются показатели работы, лишь немногим уступающие приведенным выше, если удовлетворительно поставлено наблюдение за качеством подготовки топлива и обслуживание газогенератора.

Опыт газификации черногорского каменного угля марки Д

Минусинский (черногорский) каменный уголь, длиннопламенный марки Д, освоен на ряде конструкций газогенераторов в качестве заменителя кольчугинского угля. При газификации обнаруживает слабое спекание, незначительное шлакование и хорошую терми-

ческую устойчивость. Как и кольчугинский этот уголь имеет незначительное содержание серы, дает высокий выход летучих, но содержит больше золы и влаги, а поэтому отличается несколько пониженной калорийностью. В отличие от кольчугинского, черногорский уголь — плотный, механически прочный, а поэтому и более крупный. Реактивность черногорского угля ниже, чем у кольчугинского, поэтому при газификации необходима организация предварительного дробления, с последующей отсеивкой образующейся мелочи.

Опыт газификации черногорского угля, вследствие ограниченного количества угля на площадке завода, имел сравнительно небольшую длительность, равную двум суткам, не считая наладочного периода. Учитывая небольшие размеры газогенератора, такую длительность можно признать вполне достаточной для установления возможности газификации этого угля и определения показателей процесса.

Подготовка угля заключалась в просевке на сите с ячейками 8×8 мм и последующем дроблении крупных кусков, вручную, до размера не более 100 мм. Хотя такой размер кусков для газификации плотного и малореактивного черногорского угля был явно велик, однако более мелкое дробление крупного и прочного угля, вручную, требовало больших затрат физического труда и по условиям завода, где производился опыт, не могло быть осуществлено. Средний за период опыта технический анализ угля получен следующий: W^p —8,6%, A^c —13,2% и V^c —34,2%. Опыт был выдержан при следующих средних режимных параметрах:

давление паровоздушной смеси	186 мм вод. ст.
давление газа на выходе	21 » » »
температура паровоздушной смеси	52° С
температура газа	694° С
высота слоя топлива	550—600 мм
высота шлаковой подушки (на центре)	100—200 »
производительность генератора, в натуральном топливе	5,06 т/сутки
весовое напряжение сечения шахты	269 кг/м ² час

Процесс газификации черногорского угля протекал в течение всего опыта довольно устойчиво, однако значительное количество крупных кусков угля ухудшало ход газогенератора. В местах скопления таких кусков часто отмечалось продувание слоя и образование прогаров. Шлакование наблюдалось незначительное и лишь у стенок газогенератора. Зона горения была яркой, высотой от 50 до 200 мм. Средний за опыт состав газа был следующий: CO_2 —4,5%, O_2 —0,2%, CO —27,6%, H_2 —13,4% и CH_4 —2,7%. Теплотворная способность сухого газа, средняя за опыт, 1416 кал/н.м³ и среднее содержание горючего в шлаке 12,4%. В табл. 6 приведены, средние за каждую двенадцатичасовую смену, показатели газификации.

Описанный опыт показал возможность эффективной газификации черногорского угля, даже при относительно большой его крупности. Однако, наряду с этим подтвердилась необходимость организации тщательного предварительного дробления угля до кусков, размером, не превышающих 40—50 мм.

Средние сменные показатели газификации черногорского угля марки Д

Дата и смена	Давление, мм вод. ст.		Температура °С		Производительность генератора (в натур. топливе), т/сутки	Весовое напряжение сечения шахты, кг/м ² -час	Состав сухого газа, объемн. %					Калорийность сухого газа, ккал/н.м ³
	паровоздушной смеси	газа	паровоздушной смеси	газа			СО ₂	О ₂	СО	Н ₂	СН ₄	
1/IX I см.	182	20	52	680	5,10	271	4,8	0,2	27,2	12,8	3,2	1431
	174	19	52	670	4,60	244	4,0	0,2	27,6	14,4	2,6	
2/IX I см.	192	22	51	720	5,48	291	4,8	0,2	26,9	12,7	2,6	1369
	196	23	53	705	5,08	270	4,4	0,2	28,7	13,8	2,4	
Среднее за опыт	186	21	52	694	5,06	269	4,5	0,2	27,6	13,4	2,7	1416

Опыт газификации буланашского каменного угля

Каменный уголь Буланашского месторождения как газогенераторное топливо вообще не был еще опробован, и приведенные ниже материалы показывают первую попытку его газификации. По физико-химическим свойствам, этот уголь близок к черногорскому и кольчугинскому, однако он несколько более спекающийся и относится к промежуточным углям между марками Д и Г. Не загрязненный породой буланашский уголь имеет невысокую зольность, в пределах $A^c = 14-20\%$, влажность его также невелика и оценивается равной $W^p = 6-10\%$. Относительно высокое содержание летучих ($V^c = 28-32\%$), хорошая реактивность и высокая температура плавления золы позволяли рассчитывать на достижение хороших показателей газификации.

Поставленные опыты имели целью выявить возможность использования буланашского угля в полумеханизированных газогенераторах малых габаритов и подобрать рациональный режим газификации. Кроме пробного опыта, длительностью 1,5 суток, было проведено два других. Первый, продолжительностью 3 суток, имел целью зафиксировать подобранный при наладочном опыте режим газификации и второй, балансовый, длительностью 3,5 суток, — определить содержание смолы и влаги в газе.

К сожалению, качество угля, поступившего на газификацию, было значительно ниже, чем угля последующей нормальной добычи.

Опытная партия угля, выданная с шахт в период строительства, была очень засорена пустой породой и имела значительно более

высокую зольность, чем можно было ожидать по анализам пластовых проб. Отборку же породы перед газификацией, по условиям работы, организовать не удалось. Кроме того, поступивший уголь имел высокую внешнюю влажность и содержал очень много мелочи. Избежать ее попадания в газогенератор было весьма трудно. По внешнему виду, уголь вообще весь был мелким, и максималь-

Таблица 7

Показатели газификации буланашского угля

Опыт № 1

Дата и смена	Давление, мм вод. ст.		Температура, °С		Производительность газогенератора (в натуральных топливах), т/сутки	Весовое напряжение сечения шахты, кг/м ² -час	Состав сухого газа, объемн. %					Калорийность сухого газа, кал/л.м ³
	паровоздушной смеси	газа	паровоздушной смеси	газа			СО ₂	O ₂	СО	H ₂	СН ₄	
11/X I	147	13	51	475	5,18	269	4,4	0,4	26,2	12,5	4,7	1521
» II	166	18	54	563	5,49	286	6,9	0,4	19,5	17,1	4,2	1392
» III	141	17	53	562	5,51	287	3,8	0,4	26,2	12,8	3,5	1487
12/X I	160	17	51	512	5,58	290	6,2	0,6	21,9	14,1	3,2	1303
» II	172	19	47	553	5,36	280	3,2	0,2	27,4	12,3	4,4	1526
» III	159	20	47	650	6,60	353	3,4	0,2	26,4	11,6	4,3	1460
13/X I	189	17	48	600	6,90	360	4,0	0,2	23,8	11,0	5,0	1436
» II	175	18	49	626	7,20	384	5,0	0,2	24,3	10,6	3,0	1270
» III	152	17	52	631	5,64	294	6,6	0,4	20,9	14,7	4,1	1365
Среднее за опыт	163	18	50	575	5,92	312	4,8	0,3	24,1	13,0	4,0	1420

ные размеры его кусков не превышали 20—30 мм. Если в период первого опыта, проведенного в октябре, еще при сравнительно теплой погоде, уголь плохо просеивался на сите с ячейками 8×8 мм, так как решетка замазывалась, то во втором опыте, в январе, мелочь, смерзшаяся в комки, даже на сите с ячейками 15×15 мм практически совсем не отсеивалась и вся подавалась в газогенератор. Указанные обстоятельства не могли не сказаться на результатах опытов, которые оказались более низкими, чем это было бы возможно для угля нормального качества и хорошо отсортированного. Технический анализ угля, по средним за период опытов пробам, получен в опыте № 1: W^p—8%, A^c—25,6%, V^c—29,1% и в опыте № 2: W^p—12%, A^c—22,2% и V^c—28,7%.

Показатели газификации буланашского угля, полученные в опыте № 1, в виде средних величин за каждую восьмичасовую смену, при-

ведены в табл. 7. Этот опыт был выдержан при следующих средних режимных параметрах:

давление паровоздушной смеси	163 мм вод.ст.
давление газа на выходе	18 » »
температура паровоздушной смеси	50° С
температура газа	575° С
высота слоя топлива	450—500 мм
высота зольной подушки	50—150 »
производительность газогенератора в натуральном топливе	5,92 т/сутки
весовое напряжение сечения шахты	312 кг/м ² час.

Наблюдения показали, что изменение температуры паровоздушной смеси в пределах 47—54°С не оказывает существенного влияния на ход процесса. В течение всего опыта газогенератор шел ровно, прогаров и шлакования не наблюдалось. Незначительное спекание угля наблюдалось лишь в первые периоды после загрузки свежей порции угля, когда на поверхности слоя образовывалась слабоспекшаяся корочка, легко разрушавшаяся с помощью пика. Последующего образования корочки или спекания угля в слое не наблюдалось. Увеличение высоты шлаковой подушки над чепцом более 150 мм ухудшало ход процесса.

Во второй половине опыта производительность газогенератора была увеличена до 6,6—7,2 т/сутки. При такой производительности, поддерживавшейся в течение 36 часов, среднее напряжение сечения шахты составляло 360 кг/м²час, при этом ухудшения качества газа не было. Теплотворная способность сухого газа по сменам колебалась в пределах 1270—1525 кал/н. м³ и, в среднем за опыт, составила 1420 кал/н. м³, при следующем среднем составе газа CO₂—4,8%, O₂—0,3%, CO—24,1%, H₂—13,0% и CH₄—4,0%. Среднее содержание горючего в шлаке 15,1%.

Описанный опыт показал, что при хорошем наблюдении за газогенератором могут быть получены высокие технические показатели даже при пониженном качестве буланашского угля.

Второй, балансовый опыт был проведен, как уже указано, в более тяжелых условиях, так как смерзшаяся мелочь угля фактически не отсеивалась. В результате, несмотря на то, что режимные параметры в этом опыте выдерживались почти такими же, как и в предыдущем, а именно:

давление паровоздушного дутья	170—200 мм вод.ст.
давление газа	13—22 » »
температура паровоздушного дутья	57,1° С
высота слоя топлива	440—520 мм
высота зольной подушки	50—100 »
весовое напряжение сечения шахты	343—402 кг/м ² час.

качество газа получено более низким. На протяжении всего опыта содержание CO₂ в газе было высоким (6—8,9%), процесс протекал неустойчиво, наблюдались прогары и местное шлакование слоя. Температура газа была высокой и колебалась в пределах 565—765°С.

Средняя, за период опыта, теплотворная способность сухого газа получена равной 1234 кал/н. м³ и состав газа: CO₂—7,8%,

O_2 —0,3%, CO —19,9%, H_2 —13,1% и CH_4 —3,4%. Содержание горючего в шлаке составило 13,4%.

Выход газа определен равным 2,73 н.с.м³/кг, содержание смолы в сухом газе 17,8 г/н.м³ и влаги 119,6 г/н.м³.

Опыт газификации челябинского бурого угля

Челябинский бурый уголь имеет относительно широкое применение в качестве топлива для газогенераторов. С этой целью применяется преимущественно уголь Сергоуфалейского района (центральный район). Для челябинского угля характерны высокое содержание летучих и влаги, порошковатый кокс, относительно невысокие температуры плавления золы и склонность угля к окислению и самовозгоранию. Высокая зольность рядового угля ($A^c = 30—40\%$) обусловлена содержанием в нем пустой породы. Сортировка (грохочение и породоотборка), организованная на шахтах центрального района, позволяет получать уголь значительно меньшей зольности, в соответствии с установленными для этих шахт кондициями по золе ($A^c = 19—20\%$). При хранении на воздухе механическая прочность, высокая для свежедобытого угля, быстро понижается, и уголь измельчается. Перед подачей в газогенератор необходима предварительная просевка угля.

С целью установить возможные показатели газификации челябинского угля, было проведено два опыта.

Опыт № 1, длительностью 8 суток, проводился на угле, поступившем на площадку завода за 1,5—2 месяца, частично окислившимся и содержащим значительное количество мелочи. Перед подачей в газогенератор уголь просеивался на сите с ячейками 12×12 мм, а крупные куски его дробились вручную до максимального размера 75 мм. По средней за период опыта пробе технический анализ угля был следующий: W^p —18,0%, A^c —39,7% и V^c —37,9%. Очень высокая зольность угля, почти вдвое превышавшая кондиции, была следствием плохой сортировки на шахтах, так как уголь содержал большое количество пустой породы, хорошо различимой на глаз. По условиям работы цеха, где производились опыты, организовать отборку породы не представилось возможным, и первый опыт был проведен на угле с очень высокой зольностью и пониженной механической прочностью. В результате, в течение всего периода опыта процесс газификации протекал неустойчиво. Часто возникавшие прогары, даже небольшие, быстро приводили к местным скоплениям золы. Иногда на участке прогара зола образовывалась по всей высоте слоя топлива. Такое скопление золы, особенно у стенок шахты, создавало благоприятные условия для шлакования. Приходилось из чаши газогенератора, под местом прогара, выгребать золу вручную, — лопатой, при одновременной усиленной пропиковке слоя. Такой прием позволял уменьшить местные искажения профиля шлаковой подушки и локализовать прогары, однако он сопровождался увеличением потерь горючего в шлаке. Быстрое накопление в газогенераторе шлака, с удалением которого чаша не справлялась, искажало зоны, нарушало процесс и вызывало прогары. Высота зольной подушки все же поддерживалась в пределах 300 мм, хотя для этого и

приходилось применять дополнительно ручной выгреб. Зона горения была растянутой и неяркой. В течение опыта выдерживались следующие режимные параметры:

высота слоя топлива	600—700 мм
давление паровоздушной смеси	134 мм вод. ст.
давление газа	15 » » »
температура паровоздушной смеси	54° С
производительность генератора в натуральном топливе	6,17 т/сутки
весовое напряжение сечения шахты	327 кг/м ² час.

При тщательном наблюдении за газогенератором теплотворная способность газа в течение всего опыта все же оставалась низкой (1009—1270 кал/н.м³ с.г.) и в среднем составила 1112 кал/н.м³ с.г., при среднем составе газа: CO₂—9,5%, O₂—0,2%, CO—18,2%, H₂—11,4% и CH₄—3,0% и температуре газа 463°С. Содержание горючего в шлаках было 23,4%. Среднесуточные показатели газификации приведены в табл. 8.

Опыт № 2, длительностью 4 суток, был проведен на свежем угле, прибывшем на завод незадолго до начала работы с шахты № 4/6 центрального района. По внешнему виду уголь содержал явно меньшее количество породы и мелочи, что подтвердилось и данными технического анализа пробы, отобранной за период опыта: W^p = 14%, A^c = 20,5% и V^c = 37%. Так же как и в первом опыте, уголь предварительно просеивался на сите с ячейками 12×12 мм, а крупные куски его подбивались до размера, не превышавшего 75 мм.

Работа газогенератора на угле кондиционной зольности резко отличалась от работы на высокозольном угле. Высота зольной подушки легко поддерживалась в пределах 150 мм, без дополнительного ручного золоудаления, несмотря на высокую производительность газогенератора. Процесс шел устойчиво, прогаров не наблюдалось, зона горения была ясно выраженной высотой 150—250 мм.

Средние режимные параметры были выдержаны следующие:

высота слоя топлива	550—600 мм
давление паровоздушной смеси	173 мм вод. ст.
давление газа	17 » » »
температура паровоздушной смеси	53° С
производительность газогенератора	8,89 т/сутки
весовое напряжение сечения шахты	472 кг/м ² час.

При наличии высокой производительности состав газа получен вполне удовлетворительный, а именно: CO₂—6,5%, O₂—0,4%, CO—23,7%, H₂—13,9% и CH₄—3,1%. Теплотворная способность сухого газа составила 1340 кал/н.м³. Температура газа средняя за опыт, 482°С и содержание горючего в шлаке 17,8%. Показатели газификации, полученные во втором опыте, в виде среднесуточных данных, приведены также в табл. 8.

По окончании опыта газогенератор продолжал работать на челябинском угле, указанного качества, еще свыше 20 суток. За этот период показатели газификации выдерживались близкими к полученным во втором опыте, при обычном, для условий эксплуатации, уходе за газогенератором.

Результаты газификации Челябинского угля

Дата	Давление, мм вод. ст.		Температура, °С		Производительность газогенератора (в натуральном топливе), т/сутки	Весовое напряжение сечения шахты, кг/м ² час	Состав сухого газа, объемн. %				Калорийность сухого газа, кал/н. м ³	
	паровоздушная смеси	газа	паровоздушная смеси	газа			СО ₂	О ₂	СО	Н ₂		СН ₄
Опыт № 1 (высокозольный уголь)												
29/IX	158	13	51	443	6,52	346	11,0	0,6	17,7	11,7	2,2	1029
30/IX	128	12	53	428	5,84	310	10,5	0,2	18,0	10,6	2,2	1009
1/X	132	14	55	472	6,10	324	9,2	0,4	18,4	8,9	2,8	1028
2/X	148	16	54	468	6,64	352	9,0	0,6	16,8	10,8	3,8	1114
3/X	120	18	55	472	6,15	327	9,2	0,6	16,7	12,1	2,9	1067
4/X	129	17	55	468	5,98	318	9,9	0,2	17,1	13,3	2,6	1085
5/X	131	18	54	485	6,34	337	8,4	0,2	20,8	10,1	4,4	1269
6/X	118	12	53	465	5,76	306	9,1	0,4	20,1	14,1	3,8	1300
Среднее за опыт:	134	15	54	463	6,17	327	9,5	0,4	18,2	11,4	3,0	1112
Опыт № 2 (уголь кондиционной зольности)												
7/X	168	18	52	488	8,57	455	7,4	0,2	22,9	14,7	3,8	1400
8/X	153	12	52	499	8,36	444	6,0	0,6	24,4	12,5	2,4	1270
9/X	178	19	54	420	9,17	487	7,2	0,2	24,1	15,4	2,1	1309
10/X	192	22	54	520	9,48	504	5,4	0,6	23,3	13,0	3,9	1377
Среднее за опыт:	183	17	53	482	8,89	472	6,5	0,4	23,7	13,9	3,1	1340

Проведенные опыты и практика эксплуатации показали, что челябинский уголь может газифицироваться очень эффективно в полумеханизированном газогенераторе, не имеющем водяной рубашки. При нормальной зольности угля шлакование стенок шахты не наблюдалось. Повышение же зольности угля резко ухудшало показатели газификации и усложняло обслуживание газогенератора, поэтому должно быть обращено особое внимание на качество поступающего для газификации топлива. В случае же вынужденной работы установки на высокозольном челябинском угле необходимо увеличение производительности золоудаления путем установки второго лемеха или путем увеличения скорости вращения чаши.

Опыт газификации коксика

Многие предприятия имеют возможность использовать в качестве топлива для газогенераторов отходы коксовых или доменных цехов, так называемую «коксовую мелочь» или «коксик», остающиеся на складах после отбора или отсева крупного кокса. Поэтому выявление возможности газификации этих отходов представляло существенный интерес. Обычно коксик имеет крупность кусков от 0 до 25 мм, содержание золы от 12 до 20%, влаги от 4 до 25% (в зависимости от метеорологических условий и организации топливного хозяйства заводов) и летучих от 3,5 до 9%.

Опыт газификации коксика, полученного с Н.Тагильского КХК, был длительностью 4 суток. По средней за период опыта пробе технический анализ коксика был следующий: W^p — 10%, A^c — 16% и V^c — 7,2%. Перед подачей в газогенератор коксик просеивался вручную на сите с ячейками 8×8 мм. Однако, вследствие значительного содержания внешней влаги, качество просевки было явно неудовлетворительным, и в газогенератор во время опыта поступало топливо, содержащее высокий процент мелочи, крупностью от 0 до 8 мм. Первый период опыта протекал явно ненормально. Вследствие сепарации топлива в бункере, при загрузке в газогенератор к выходному газовому патрубку попадали преимущественно крупные куски. Газогенератор шел одной стороной, шлаковая подушка была перекошенной. Такая работа продолжалась около суток. После того как шлаковая подушка была с помощью ручного золоудаления выравнена, а также были приняты меры к устранению сепарации, ход газогенератора резко улучшился, процесс газификации стал протекать нормально, и при последующей работе никаких затруднений в обслуживании газогенератора не возникало. Зона горения была яркой, концентрированной. Отдельные прогары и продувы, возникавшие вследствие наличия в топливе мелочи, легко ликвидировались пиковкой.

Режимные параметры, средние за период опыта, были следующие:

давление паровоздушной смеси	186 мм вод ст.
давление газа	35 » » »
температура паровоздушной смеси	49° С
высота слоя топлива	550—600 мм
высота шлаковой подушки (по центру)	50—100 »
производительность газогенератора в натуральном топливе	4,4 Т/сутки
весовое напряжение сечения шахты	220 кг/м ² час.

Полученный газ имел среднюю температуру 528°C и состав: CO_2 —6,6%, O_2 —0,2%, CO —26,4%, H_2 —10,9% и CH_4 —0,3%. Теплотворная способность его составила $1112 \text{ кал/н. м}^3 \text{ с. г.}$

Средние данные по качеству газа, полученные за последние $2\frac{1}{2}$ суток опыта: температура 493°C , состав: CO_2 —6,0%, O_2 —0,2%, CO —27,2%, H_2 —11,5% и CH_4 —0,3%, теплотворная способность $1150 \text{ кал/н. м}^3 \text{ с. г.}$ Содержание горючего в шлаке, в среднем за период опыта, составило 16,2%.

Изменение показателей газификации, по отдельным двенадцати-часовым сменам, показано в табл. 9. Приведенные выше данные показывают, что на коксике, даже с содержанием значительного количества мелочи, могут быть получены вполне удовлетворительные показатели газификации как по производительности, так и по качеству газа.

Опыт газификации торфа

Наряду с проверкой показателей газификации каменных и бурого углей и коксика, было проведено опробование газификации кускового торфа, поскольку многие предприятия, располагая своей местной топливной базой, могут использовать торф для отопления печей.

Опыт проведен на торфе, доставленном с местного торфопредприятия, глубинном, плотном и прочном, ручной резки. Содержание влаги по средней за опыт пробе составляло W^p — 24%, т. е. состояние торфа было близко к воздушно-сухому. Зольность торфа в пределах равной $A^c = 8\%$. Перед подачей в бункер газогенератора нормальные куски торфа измельчались ручной рубкой до размера не больше 75—100 мм. Эта операция требовала значительной затраты труда и в условиях цеха, где проводились опыты, затрудняла обеспечение газогенератора подготовленным в достаточном количестве топливом. По этой же причине пришлось ограничить продолжительность первого опыта, проведенного с угольной загрузочной коробкой емкостью $0,1 \text{ м}^3$, тремя сутками, включая и наладочный период, длившийся около суток. Второй опыт, несколько большей продолжительности (около 4 суток) был проведен после замены угольной загрузочной коробки коробкой, специально спроектированной для торфа — увеличенной емкости ($\sim 0,3 \text{ м}^3$).

При поступлении в газогенератор торф не терял своей прочности и не рассыпался в мелочь. Слой легко продувался. Процесс газификации протекал очень устойчиво. Зона горения была равномерной по сечению шахты, яркой, концентрированной. При средних за период опыта параметрах:

давление паровоздушной смеси	71 мм вод. ст.
давление газа на выходе	21 » » »
температура паровоздушной смеси	51° C
высота зольной подушки (по центру)	100—150 мм
высота слоя топлива (по центру)	900 »
производительность генератора, в натуральном топливе	5,06 т/сутки
весовое напряжение сечения шахты	238 кг/м ² час.

получен газ состава: CO_2 —9,5%, O_2 —0,2%, CO —23,4%, H_2 —160%, CH_4 —2,6%, при теплотворной способности $1351 \text{ кал/н. м}^3 \text{ с. г.}$

и температуре (на выходе), равной 357°C. Среднее содержание горючего в шлаке составило 8,6%.

Среднесуточные показатели газификации приведены в табл. 9. Достиженная в первом опыте производительность генератора была далеко не предельной. Как указано выше, она лимитировалась загрузкой, производившейся при коробке, недостаточного для легкого торфа объема. После установки специальной торфяной загрузочной коробки производительность газогенератора резко возросла и составила, в среднем за период второго опыта, в натуральном топливе, 9,2 т/сутки, что соответствует весовому напряжению сечения шахты 490 кг/м² час. Качество газа во втором опыте получено не ниже, чем в первом. Средняя калорийность сухого газа составила 1350 кал/н. м³ при содержании горючего в шлаке, не превышавшем 10%.

Приведенные материалы показывают, что на кусковом торфе (с размером кусков не более 10 мм), невысокой влажности ($W^p \leq 25\%$) и при применении загрузочной коробки увеличенного объема возможна надежная, устойчивая работа газогенератора, при высоких технических показателях по производительности и качеству газа.

Обобщение результатов газификации и выводы

Для сопоставления результатов, полученных при газификации различных видов топлива в типовом полумеханизированном газогенераторе, ниже, в табл. 10, сведены основные, наиболее характерные показатели процесса и характеристика применявшегося топлива по содержанию золы, влаги и крупности. Приводятся весовая суточная производительность газогенератора и весовое напряжение сечения шахты (по натуральному топливу), теплотворная способность сухого газа и часовой его выход.

Для оценки экономичности процесса приводится содержание горючего в шлаке. Табличные данные несколько округлены для большего удобства пользования ими.

Как видно из материалов таблицы, относительно пониженная теплотворная способность газа отмечена при газификации челябинского бурого угля, торфа и особенно коксика. В первых двух случаях сказалась несколько более низкая, чем необходимо, высота слоя топлива, а в последнем — значительное содержание в топливе неотсевавшейся мелочи. Содержание горючего в шлаке изменялось по сортам топлива, примерно в соответствии с содержанием в нем золы, возрастая с увеличением последней.

В последней колонке таблицы для сопоставления представлены величины, характеризующие весовое напряжение сечения шахты, считающееся нормальным для хорошо работающих полумеханизированных газогенераторов, обычных промышленных размеров (ф — 2,6 — 3,0 м). Как легко видеть, в газогенераторе небольшого размера весовое напряжение сечения шахты почти на всех сортах топлива достигнуто более высокое, благодаря облегченным условиям обслуживания слоя. Исключением являются лишь данные по

Результаты газификации коксика и торфа

Дата и смена	Давление, мм вод. ст.		Температура, °С		Производительность газогенератора (в натуральном топливе), т/сутки	Весовое напряжение сечения шахты, кг/м ² час	Состав сухого газа, объемн. %					Калорийность сухого газа, кал/н.м ³
	паровоздушная смесь	газа	паровоздушная смесь	газа			СО ₂	О ₂	СО	Н ₂	СН ₄	
25/VII I	263	55	48	605	6,53	346	6,0	0,3	26,6	8,5	0,2	1045
» II	273	29	48	658	4,62	245	10,2	0,4	22,4	10,2	0,4	979
26/VII I	181	41	50	508	3,68	195	—	—	—	—	—	—
» II	117	29	50	445	4,26	226	5,8	0,2	27,2	13,2	0,4	1203
27/VII I	143	26	49	507	3,21	170	5,8	0,2	28,4	12,1	0,4	1210
» II	195	30	51	517	4,13	219	6,2	0,2	26,8	10,2	0,2	1096
28/VII I	144	29	49	510	3,68	195	6,6	0,2	26,4	11,2	0,2	1109
» II	178	40	47	480	4,51	239	5,6	0,2	27,2	10,8	0,4	1141
Среднее за весь опыт	186	35	49	528	4,40	220	6,6	0,2	26,4	10,9	0,3	1112
Среднее за последние 2 1/2 суток	155	31	49	493	4,00	210	6,0	0,2	27,2	11,5	0,3	1150

Опыт газификации торфа (с угольной загрузочной коробкой)

31/VII I	70	19	52	365	4,53	235	9,8	0,2	22,8	16,2	2,5	1325
1/VIII I	72	23	50	346	5,65	242	9,2	0,2	24,0	15,8	2,8	1377
Среднее за опыт:	71	21	51	357	5,09	238	9,5	0,2	23,4	16,0	2,6	1351

Таблица 10
Основные показатели работы типового полумеханизированного газогенератора на различных видах топлива

Сорт и марка топлива	Характеристика топлива		Теплотворная способность сухого газа, кал/н.м ³ с.г.	Полное теплосодержание рабочего газа, кал/н.м ³	Производительность газогенератора		Весовое напряжение сечения шахты, кг/м ² -час				Температура газа, на выходе °С	Весовое напряжение сечения шахты, нормальное для полумеханизированных газогенераторов обычных размеров (D=3 м) кг/м ² -час
	W%	Aco%			Крупность, мм	в натуральном топливе, т/сутки	в сухом газе, н.м ³ /час	Содержание горючего в шлаке, %	в натуральном топливе	по коксовому остатку		
Кольчугинский каменный уголь марки Д	10	8	1450	1650	5,5—6,5	750—900	9	290—340	165—190	140—170	600	175
То же, без вращения чашки газогенератора	10	8	1400	1600	3,5—4,0	450—550	12	180—210	100—120	90—110	600	150
Черногорский каменный уголь марки Д	8,6	13	1400	1550	5,0	600—650	12	265	165	120	700	150
Буланашский каменный уголь	10	20	1400	1550	5,5—6,0	650—700	14	290—320	180—210	130—150	600	(150)
Челябинский бурый уголь, марки БК	19	20,5	1350	1400	8,0—9,0	700—800	18	420—480	230—260	160—180	500	350
Коксик	10	16	1150	1250	4,0	550—600	16	210	170*	440	500	140
Торф кусковой	25	8	1350	1450	9,0—9,5	650—700	9	480—500	130—140	100—110	400	500

торфу. Это объясняется, кроме недостаточной высоты слоя, еще и тем, что в описанных опытах по газификации торфа производительность газогенератора ограничивалась невозможностью отобрать большее количество газа. Кроме того, узким местом были операции по загрузке газогенератора, несмотря на то, что приведенные данные получены при работе с загрузочной коробкой увеличенной емкости.

В качестве дополнительных величин, характеризующих возможности увеличения производительности газогенератора и позволяющих сравнить условия работы его на различных сортах топлива, в табл. 10 приведены также весовые напряжения сечения шахты, рассчитанные по коксовому и горючему твердому остаткам. Эти данные показывают, что в отношении форсировки процесса газификации есть еще значительные резервы.

Опыт, полученный при газификации довольно разнообразных, по своей характеристике, топлив позволяет произвести всесторонний анализ работы типового полумеханизированного газогенератора, дать достаточно надежную оценку его конструкции и отдельных элементов и, наконец, выявить условия, решающие успешное применение каждого из опробованных сортов топлива в установках подобного типа.

Так, по материалам опытов и данным практики эксплуатации можно считать, что применение механизированного золоудаления и загрузочного устройства нормальной конструкции вполне себя оправдывает, несмотря на некоторую сложность их изготовления. Подтверждена также возможность и целесообразность сооружения газогенераторов небольших размеров без охлаждающей рубашки. Упрощения и изменения отдельных узлов и деталей газогенератора, сравнительно с опытным образцом, не вызывали никаких затруднений в эксплуатации и должны быть признаны вполне обоснованными. В целом газогенератор удобный в обслуживании и надежный в эксплуатации агрегат, не требующий длительного времени для обучения рабочего персонала. Наконец, газогенератор позволяет эффективно применять достаточную широкую номенклатуру топлив.

Ряд указанных выше преимуществ типового полумеханизированного газогенератора конструкции ВНИИТ выгодно отличает его от других применяющихся индивидуальных газогенераторов.

Полученные на всех сортах топлива технические показатели могут быть еще повышены за счет улучшения качества подготовки топлива и обслуживания газогенератора. Как основные условия, обеспечивающие хорошую работу газогенератора, по отдельным сортам топлива, необходимо отметить следующие:

1. При работе на кольчугинском угле марки Д необходимы тщательный отсев мелочи (для уменьшения заносов газопроводов) и своевременная очистка пылесадителя.

2. При работе на черногорском угле марки Д особенно большое значение имеет организация дробления всего поступающего в газогенератор угля, до размера кусков не больше 40—50 мм, а также

контроль за качеством поступающего угля по содержанию золы.

3. При работе на буланашском угле необходимы тщательный отсев мелочи, контроль за поступлением угля кондиционной зольности, увеличенная (путем установки второго лемеха или повышения скорости вращения чаши) производительность золоудаления, контроль за состоянием шлаковой подушки и частая распыковка поверхности слоя топлива в газогенераторе, особенно после загрузки топлива.

4. При газификации челябинского угля необходимы организация тщательной просевки мелочи и дробления крупных кусков, контроль за поступлением угля кондиционной зольности и неподвергшегося окислению при хранении, повышение мощности золоудаления, контроль за состоянием шлаковой подушки, частая пропиковка слоя, особенно у стенок шахты, и, наконец, хорошая организация работы по загрузке газогенератора.

5. При газификации коксика необходимы тщательный отсев мелочи, предупреждение сепарации топлива в бункере и при загрузке и частое разравнивание слоя топлива в газогенераторе.

6. При газификации торфа необходимы разделка кусков до крупности, не превышающей 80—100 мм, контроль за поступлением торфа с влажностью, не превышающей 25—30%, и хорошая организация работы по загрузке газогенератора, с применением грузочной коробки увеличенной емкости, а также контроль за максимальным заполнением шахты газогенератора — до уровня нижней кромки газоотводящего патрубка.

Общие для всех видов топлива, но также существенные условия: контроль постоянства температуры паровоздушной смеси, а также высоты и профиля зольной подушки и своевременные загрузка и разравнивание слоя топлива, предупреждающие образование прогаров.

IV. НЕМЕХАНИЗИРОВАННЫЙ ГАЗОГЕНЕРАТОР ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ КОНСТРУКЦИИ ВНИИТ

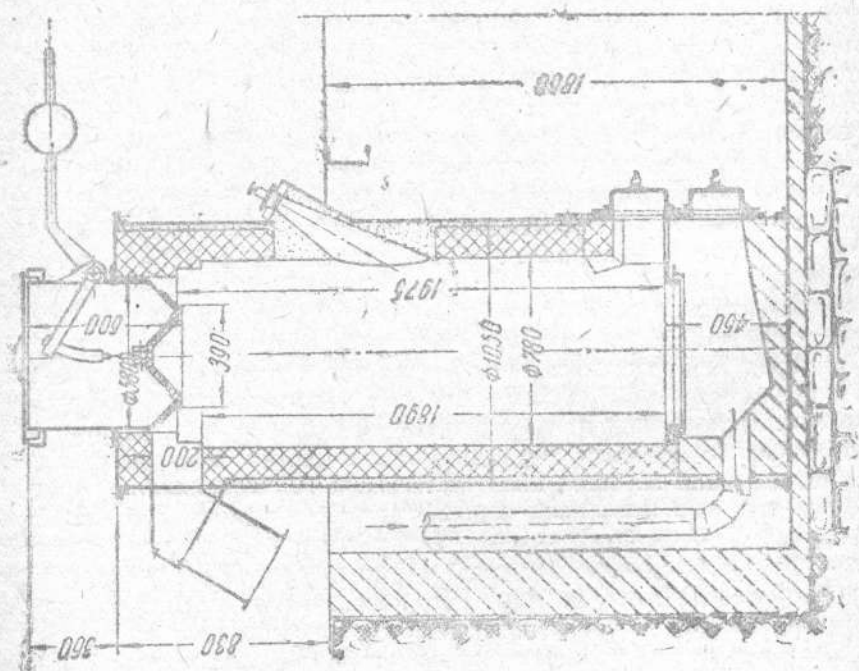
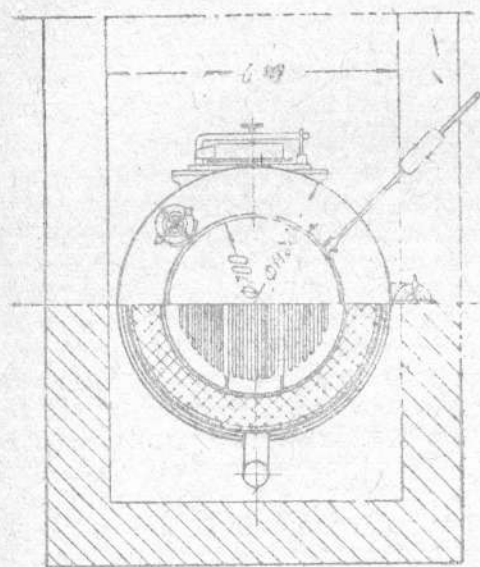
Значительные преимущества механизированного золоудаления, вполне оправдывающие при газификации зольных топлив некоторое усложнение конструкции и дополнительные затраты, не могут быть использованы при газификации древесины, зольность которой и выхлуд шлаков ничтожно малы, по сравнению с углями и торфом. Поэтому конструкция газогенератора, предназначенного для газификации только древесины (в виде щепы или чурки), может быть существенно упрощена, главным образом за счет отказа от механизированного золоудаления и применения простых, неподвижных колосниковых решеток. Такая конструкция газогенератора разработана Институтом¹ для газификации мелкой древесной чурки и опро-

¹ В разработке конструкции принимали участие работники ВНИИТ: проф. И. М. Рафалович, инж. И. А. Февралева и инж. А. Н. Миргородский. Освоение работы газогенераторов проходило при участии канд. техн. наук П. И. Сычева, инж. И. А. Февралевой и инж. А. Н. Миргородского.

бована, на этом виде топлива, на двух предприятиях, перед которыми стояла задача заменить мазут в кузнечных и термических печах твердым топливом. Хорошие отзывы предприятий о результатах длительной эксплуатации, позволяют рекомендовать их к более широкому применению для газификации древесины. Ниже приводятся: описание конструкции газогенераторов, их компоновки с печами-потребителями и материалы, характеризующие условия и результаты их эксплуатации при газификации древесной чурки.

Описание конструкции газогенератора

Газогенератор (фиг. 25) состоит из цилиндрического железного сварного кожуха (толщина железа 5 мм), диаметром 1,05 м и общей высотой около 2,7 м, опирающегося круглым железным днищем на фундамент. Внутри кожуха устроена футеровка из шамотового кирпича, толщиной в нижней части 150 мм и в верхней 120 мм. Между футеровкой и кожухом находится теплоизоляционная засыпка, слой которой имеет толщину 15 мм. На высоте 460 мм от днища на уступ футеровки уложено опорное кольцо из углового железа, на которое опирается чугунная литая колосниковая решетка с щелевыми просветами, шириной 10 мм. Живое сечение решетки около 20%. Шахта газогенератора имеет общую высоту цилиндрической части 2,0 м и внутренний диаметр 0,78 м. Верхняя железная плита газогенератора имеет два отверстия: центральное для установки загрузочной коробки и боковое — для установки коробки пиковочного отверстия, снабженной паровым отбоем. Загрузочная коробка имеет крышку с гидравлическим кольцевым уплотнением и нижний конусный затвор. Конус подвешен на цепи к секторному рычагу. Диаметр загрузочной коробки 580 мм, емкость ее около 0,13 м³. Диаметр нижнего загрузочного отверстия 350 мм, максимальная высота подъема конуса 240 мм. В самой верхней части шахты, почти на уровне расположения запорного конуса, устроено газоотводящее окно, высотой 200 мм и шириной 390 мм. Газоотводящий патрубок, железный сварной и нефутерованный направлен вниз, с наклоном в 30° к вертикали; внутренний его диаметр 300 мм. Полезная высота слоя топлива, определяющаяся нижним положением запорного конуса, может достигать до 1,70 м, полезная емкость шахты газогенератора 0,8 м³. Примерно на середине высоты шахты предусмотрено боковое пиковочное отверстие, снабжено, так же как и верхнее, паровым отбоем. Для уборки золы из подколосникового пространства служит окно (с проемом 200×300 мм), с плотно запирающейся заслонкой. Такое же окно предусмотрено и над колосниковой решеткой для чистки последней и периодического удаления золы. Паровоздушная смесь подводится в зольник по трубопроводу, диаметром 125 мм. Ввод пара осуществлен на вертикальном участке этого трубопровода. Для удобства загрузки топлива газогенератор заглублен на 1,85 м так, что верхняя его плита находится на высоте 0,83 м, а верхняя кромка загрузочной коробки на высоте 1,3 м от уровня пола цеха. Такое положение газогенератора позволяет загружать топливо в газогенератор непосредственно с площадки цеха.



Фиг. 25. Общий вид немеханизированного газо-генератора конструкции ВНИИТ для древесины.

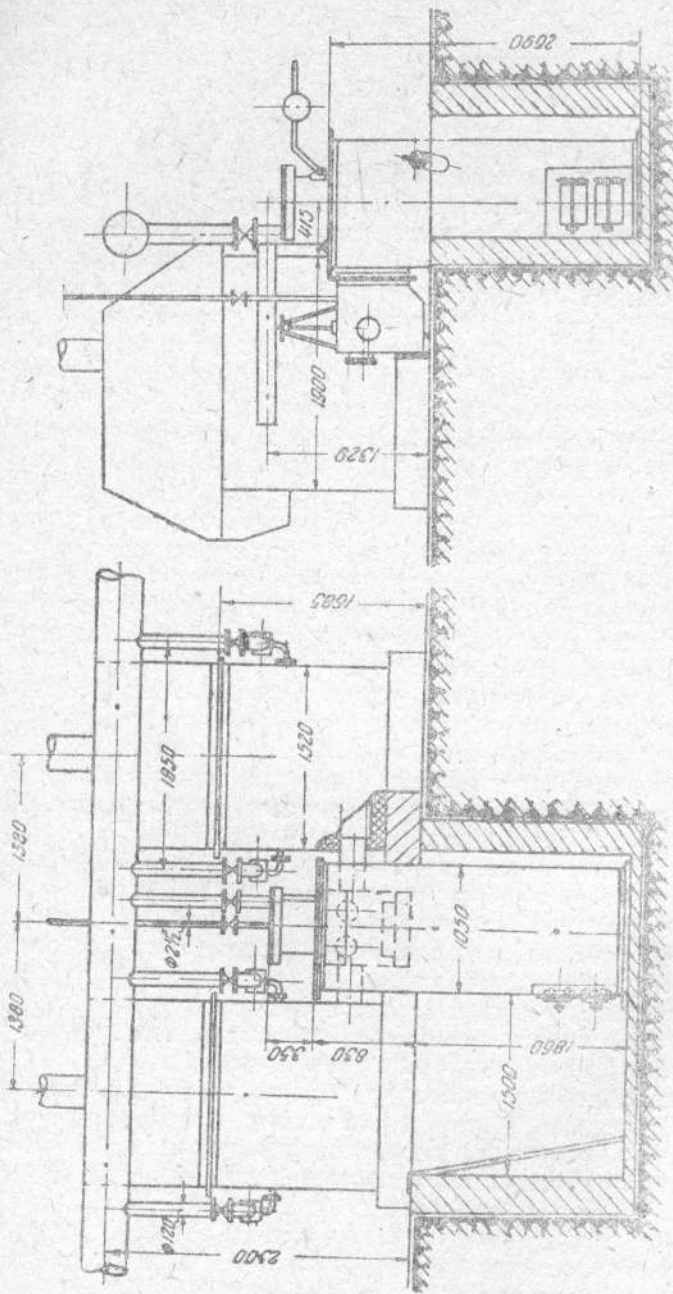
Назначение газогенератора и компановка с потребителями

Газогенераторы описанной конструкции были установлены на двух заводах НКАП. В первом случае, они были предназначены для питания газом группы кузнечных печей, а во втором — группы термических печей. Как кузнечные, так и термические печи ранее уже существовали (работали на мазуте), поэтому их расположение было заданным.

Кузнечные камерные печи с площадью пода $1,4 \text{ м}^2$ расположены попарно, поэтому газогенератор был установлен между ними и несколько позади (см. фиг. 26). Железная распределительная коробка, куда газ поступает из газогенератора, укреплена на кожухе последнего и имеет внутри перегородку, для изменения направления движения газа; цель этого устройства — способствовать выпадению твердых частиц пыли и мелочи древесины, выносимых из газогенератора. Внутри распределительной коробки установлены два запорных тарельчатых клапана, за которыми газ короткими железными патрубками ($d=200 \text{ мм}$, $l=600 \text{ мм}$) вводится в кирпичный распределительный канал печи, лежащий под подом печи и питающий горелки через четыре вертикальных канала, устроенных в кладке пода и боковых стенок печи и снабженных регулирующими шиберами. Горелки инжекционного типа расположены в боковых стенах печи, по две, в шахматном порядке с каждой стороны. Воздух для горения подается по центру выходного канала горелки, диффузорной формы, через сопло регулируемой длины и инжектирует за собою газ. Количество подаваемого на горелку воздуха, а следовательно, и инжектируемого газа, можно регулировать шиберами, установленными на воздуховодах. Удаление продуктов горения производится через стенные каналы под вытяжной зонт, под которым размещен рекуператор. Для сброса газа, при расотке газогенератора или при аварийных остановках печей, на распределительной коробке установлена выхлопная двухдюймовая свеча с задвижкой.

В печах нагревается круглая заготовка $d=20-60 \text{ мм}$ из малоуглеродистой стали для молота «свободнойковки».

Группа термических печей состояла из трех камерных печей, площадью пода $2,1 \text{ м}^2$, расположенных в один ряд. Газогенератор установлен между двумя печами, имевшими между собой большее расстояние. Распределительный газопровод железный, диаметром 300 мм , уложен вдоль печей, в канале, ниже уровня пола цеха. Газоотводящий патрубок газогенератора железный, диаметром 300 мм , направлен вниз под углом, примерно, 45° . В месте присоединения патрубка к распределяющему газопроводу установлен гидравлик, отводящий образующийся конденсат. Для облегчения стока конденсата газопроводу придан небольшой уклон к гидравлику. На концах газопровода и у газогенератора поставлены продувочные свечи с задвижками. Перед каждой печью на газопроводе установлен тарельчатый запорный клапан, за которым газ коротким металлическим патрубком вводится в железный коллектор, заложенный в кладке печи. Схема компановки газо-



Фиг. 26. Пример компоновки газгенератора с двумя кузнечными печами.

генератора с печами показана на фиг. 27. Расстояние от газогенератора до наиболее удаленной печи составляет, по ходу газа, около 6 м. Для уменьшения конденсации влаги и смолы газопроводы изолированы асбестовым картоном.

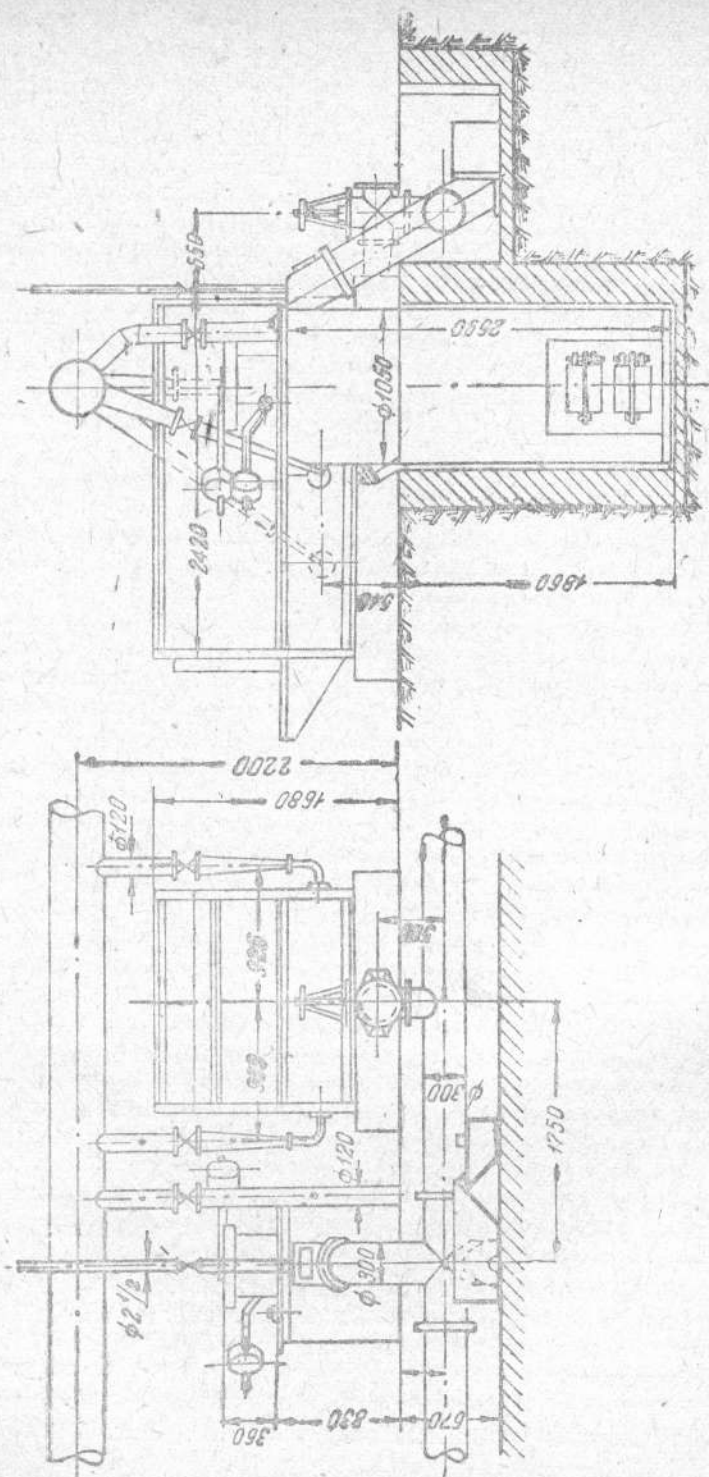
Каждая печь имеет три горелки, расположенные в шахматном порядке в подподоковых топках. Из отводов распределяющего коллектора газ подсасывается воздухом, подзвваемым в топку через центрально установленные сопла и регулируемые с помощью дросселей, установленных на воздухоподводах. Для распределения газа между горелками предусмотрены задвижки, лежащие под горелками на подводящих участках. Продукты горения по вертикальным каналам в кладке стен печи отводятся в общий боров, выложенный под газовым коллектором.

В печах нагревалась садка металла, весом около 500 кг, до температуры закалки.

Результаты работы газогенератора на древесной чурке

Материалы, характеризующие работу газогенератора, установленного для кузнечных печей, получены при работе лишь одной печи, к тому же с очень небольшой нагрузкой. Кроме того, был установлен вентилятор, явно недостаточной мощности, создававший в зольнике давление не более 15 мм вод. ст., при противодействии в газоотводе, порядка 5—10 мм вод. ст. Соответственно этому, производительность газогенератора была невысока. При работе на чурке, имевшей размеры 40×40×80 мм и влажность около 30%, производительность газогенератора составляла около 80 кг/час натурального топлива, что соответствует весовому напряжению сечения шахты, примерно, 165 кг/м²-час. Температура газа на выходе из газогенератора составляла 120—140°C. При такой температуре наблюдалось значительное выделение смолы в распределительной коробке, на тарельчатом клапане и в патрубке, подводящем газ к печи, что вызывало необходимость в довольно частой очистке этих участков (раз в неделю). При подогреве воздуха в рекуператоре до 60—70°C в печи достигались температуры 1150—1200°C, т. е. удовлетворяющие требованиямковки. При эксплуатации отмечено, что работа печи на газе, даже в этих условиях, выгодно отличалась от работы на мазуте, так как обеспечивала необходимую гибкость регулировки, достаточно равномерный нагрев металла и значительно меньшее его окисление, за счет сжигания газа с небольшим избытком воздуха. Газогенератор работал нормально, не вызывая никаких затруднений в отношении обслуживания. Подача пара в зольник не производилась. Высота слоя топлива поддерживалась равной 1,1—1,2 м.

По работе газогенератора, установленного для обслуживания группы термических печей, есть более полные данные. Первый период эксплуатации этой установки протекал на чурке с высокой влажностью, порядка 35—45% (размеры кусков 100×80×80 мм), состоявшей на 20% из сосны и на 80% из березы. Высота слоя топлива поддерживалась максимальной, т. е. 1,7 м. При большей



Фиг. 27. Пример компоновки газогенератора с термическими печами.

высоте наблюдались случаи попадания чурки в газоотводящий патрубок. Производительность газогенератора колебалась в натуральном топливе, от 150 до 440 кг/час, что соответствует напряжению сечения шахты от 320 до 730 кг/м²час, или в пересчете на абсолютно сухую древесину, от 190 до 560 кг/м²час. Пар под решетку не подводится, но зола не спекалась, а лишь слегка прилипала к стенкам шахты. Процесс газификации протекал вполне устойчиво. При напряжении сечения шахты, равном 270 кг/м²час, (по сухой древесине) загрузка газогенератора производилась 6—8 раз в смену. Увеличение нагрузки генератора вдвое, т. е. до 540—560 кг/м²час при влажности чурки 43%, — заметного влияния на качество газа не оказывало, так же как не оказывало влияния и изменение влажности топлива в пределах 35—45%. Более ощутимым было влияние снижения высоты слоя топлива с 1,7 до 1,5 м, уменьшавшее теплотворную способность газа на 100—150 кал/н.м³.

Давление воздуха в зольнике составляло 40—50 мм вод. ст. при противодавлении газа 15—20 мм вод. ст. Температура газа на выходе из газогенератора колебалась в довольно широких пределах (100—200°C), в зависимости от производительности газогенератора, составляя при напряжении 200 кг/м²час 150°C, а при напряжении 500 кг/м²час — около 200°C. Температура перед входом в печь колебалась в пределах 100—130°C. Падение температуры газа в газопроводах, которые, как указывалось выше, были изолированы асбестовым картоном, было порядка 2—3°C на погонный метр. При влажности чурки 35—40% выпадения конденсата в газопроводах не наблюдалось, оно начиналось лишь при влажности 45%.

При влажности чурки 43—45% и нагрузке газогенератора (по абсолютно сухой древесине) от 287 до 326 кг/м²час, содержание CO₂ в газе составляло около 9—9,5%, а теплотворная способность сухого газа определена в пределах от 1065 до 1180 кал/н. м³.

Ниже, в табл. 11 приведены характеристика качества газа и некоторые данные, показывающие условия работы газогенератора по трем специально поставленным опытам.

Выход сухого газа с 1 кг абсолютно сухой древесины определен равным 1,98—2,17 н.м³/кг, чему соответствует часовой выход сухого газа от 183 до 530 н. м³/час. При сжигании в печи газа, полученного при работе на чурке с влажностью 45%, температура незагруженной рабочей камеры печи достигала 1100°C. Садка металла, весом около 500 кг, нагревалась до температуры закалки 860° за 2,5—3,0 часа, из которых последние 0,5 часа являются периодом выдержки.

Эксплуатация показала, что при переходе с мазута на газ из чурки производительность печей возросла, а опасность местных перегревов изделий снизилась. Кроме того, увеличилась стойкость нижних топок.

Таким образом, опыт работы газогенераторов на древесной чурке показал, что даже при явно неблагоприятных условиях — очень высокой влажности чурки, значительных размерах ее кусков

Таблица 11

Влажность чурки, W^p , %	Высота слоя топлива, м	Время пребывания топлива, час	Весовое напряжение сеч. шахты		Состав сухого газа в объемных процентах					Теплотворн. способность сухого газа, $кал/н.м^3$	Температура газа на выходе, $^{\circ}C$	Влажность газа, $г/н.м^3$ с. г.
			в абсолютно сухой древесине, $кг/м^2-час$	в рабочем топливе, $кг/м^2-час$	CO_2	O_2	CO	H_2	CH_4			
43	1,7	1,73	326	578	9,2	0,6	25,3	5,1	3,3	1180	109	374
45	1,7	1,81	287	520	9,6	0,2	24,5	4,7	3,4	1160	116	400
43	1,5	1,6	287	508	9,1	0,3	26,1	4,4	1,6	1065	163	361

(100×80×80 мм) и работе без подачи пара — достигаются вполне удовлетворительные показатели и надежная работа газогенератора. Предварительной подсушкой топлива до влажности 25%, уменьшением размера кусков до 60 мм и подачей пара в зольник с дутьем показатели газификации могут быть еще значительно улучшены. Полностью подтверждена также возможность группового газоснабжения влажным генераторным газом из древесины, так как даже при влажности последней 45% эксплуатация газопроводов длиной до 6 м никаких затруднений не вызывала.

ПРИЛОЖЕНИЕ

РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ ТИПОВОГО ПОЛУМЕХАНИЗИРОВАННОГО ГАЗОГЕНЕРАТОРА ВНИИТ ($\varnothing=1,0$ м)

Для ориентировки при выборе и проектировании газогенераторных установок и анализа их работы, а также для облегчения наладки работы и установления нормальных режимов вводимых в эксплуатацию индивидуальных газогенераторов, составлены основные расчетные характеристики и выбраны эксплуатационные параметры для некоторых видов топлива, по газификации которых есть достаточно надежные опытные или эксплуатационные данные.

Принятые расчетные характеристики, представленные в табл. I и II настоящего приложения, не представляют собою сводки вообще достигнутых наивысших показателей, а имеют целью характеризовать работу газогенераторов, которая по накопившемуся на данном этапе опыту может быть признана нормальной для обычных условий эксплуатации, но при надлежащем качестве обслуживания установок. Эксплуатационные параметры, приведенные в табл. III, выбраны в соответствии с расчетными характеристиками, однако применительно к специфическим местным условиям они в процессе эксплуатации могут быть уточнены.

Существенно то обстоятельство, что как расчетные характеристики, так и эксплуатационные параметры, в значительной мере определяются качеством топлива. Поэтому одновременно приводится основная характеристика топлива как по техническому анализу его, так и по крупности (табл. I), которому и соответствуют предлагаемые показатели газификации. Ухудшение качества топлива, сравнительно с приведенными характеристиками, потребует изменения как расчетных, так и эксплуатационных параметров.

Все приводимые данные округлены, соответственно надежности исходного материала и практически возможной точности их контроля в эксплуатационных условиях.

Основные расчетные характеристики для типового полу

Сорт и марка топлива	Характеристика топлива					Характеристика сухого газа								
	W ^p , %	A ^c , %	У ^c , %	Q _D , кал/кг	Крупность, мм	CO ₂ , %	O ₂ , %	C _n H _m , %	CO, %	H ₂ , %	CH ₄ , %	N ₂ , %	кал/н.м ³ с. г.	
Кольчугинский каменный уголь марки Д	9	8	40	6200	8-50	4,0	0,2	0,3	27,0	14,0	2,7	51,8	1450	
То же без вращения чаши газогенератора	10	8	40	6200	8-50	5,0	0,2	0,3	26,0	13,0	2,7	52,8	1400	
Черногорский каменный уголь марки Д	12	12	42	5700	8-40	5,0	0,2	0,3	26,0	13,0	2,7	52,8	1400	
Буланашский каменный уголь (Егоршинский район)	10	20	36	5900	8-40	5,0	0,2	0,3	26,0	13,0	2,7	52,8	1400	
Челябинский бурый уголь марки БК	19	20	41	4200	12-75	6,5	0,2	0,3	24,0	14,0	2,3	52,9	1350	
Коксик	10	20	9	5500	8-25	6,0	0,2	—	26,0	12,0	0,4	55,4	1150	
Торф кусковой	25	8	70	3300	50-100	9,5	0,2	0,3	24,0	15,0	2	8	48,2	1400
Чурка древесная	25	1	85	3200	60×60×60	8,5	0,2	0,4	27,0	12,0	3,0	48,9	1450	
Щепа древесная	25	1	85	3200	50×50×15	6,0	0,2	0,4	29,0	13,0	3,0	48,4	1500	

В табл. I приведены состав сухого генераторного газа (в объемных процентах) и дополнительные данные, характеризующие качество «горячего», т. е. неохлажденного и неочищенного газа, как-то: его температура на выходе из газогенератора, содержание смолы и влаги в нормальном (т. е. при 0°C и 760 мм рт. ст.) сухом газе. Кроме нижней теплотворной способности сухого газа (Q_{Dn} , кал/н.м³ с. г.) подсчитано полное теплосодержание одного куб. метра влажного газа, приведенного к нормальным условиям (0°C и 760 мм рт. ст.) и включающее, кроме химического тепла газа, также химическое тепло смолы, а равно и физическое тепло газа и пара.

Производительность газогенератора дана в виде весового напряжения сечения шахты (кг/м²·час) и весовой суточной производительности (на 1 шахту), как первое, так и второе — по натуральному топливу. Кроме того ориентировочно указаны: часовой выход нормального сухого газа (н. м³/час), производительность по теплу сухого газа (млн. кал/час) и по теплу «горячего» газа, т. е. по полному теплосодержанию в газе (млн. кал/час).

В табл. II приведены дополнительные расчетные величины для сортов, марок и качества топлива, указанных в табл. I. Соответственно принятым производительности и качеству газа, такие величины, как содержание горючего в шлаке, часовой выход шлака, расход воздуха и пара на процесс могут быть использо-

механизированного газогенератора конструкции ВНИИТ

Характеристика рабочего газа				Весовое напряжение сечения шахты (в натур. топливе), кг/м ² -час	Производительность газогенератора				
Температура на выходе, °С	Содержание смолы в сухом газе, г/н.м ³ с.г.	Содержание влаги в сухом газе, г/н.м ³ с.г.	Полное теплосодержание рабоч. газа, ккал/н.м ³		в натуральн. топливе, т/сутки	в сухом газе, н.м ³ с.г. в час	по теплу сухого газа, млн. ккал/час	по теплу рабочего газа млн. ккал/час	Выход сухого газа с 1 кг рабоч. топлива, н.м ³ /кг
600	15	80	1650	290—340	5,5—6,5	750—900	1,1—1,3	1,25—1,5	3,3
600	15	80	1600	180—210	3,5—4,0	450—550	0,7—0,8	0,75—0,9	3,3
700	12	100	1550	265	5,0	600—650	0,85—0,9	1,0—1,1	3,0
600	18	120	1500	290—320	5,5—6,0	650—700	1,0—1,1	1,1—1,25	2,8
500	15	150	1400	420—480	8,0—9,0	700—850	1,0—1,15	1,1—1,3	2,3
500	1	80	1250	210	4,0	550—600	0,70—0,75	0,75—0,8	3,5
400	40	230	1450	480—500	9,0—9,5	650—700	0,9—0,95	1,1—1,2	1,8
300	40	240	1450	350	6,5	400—450	0,6—0,65	0,75—0,8	1,6
250	60	280	1550	400	7,5	450—500	0,65—0,75	0,9—0,95	1,5

ваны для приближенных расчетов и выбора оборудования.

В качестве эксплуатационных параметров приняты такие величины, которые могут, с одной стороны, изменяться усилиями обслуживающего персонала, а с другой стороны, сравнительно легко контролироваться при эксплуатации с помощью несложной аппаратуры. Производительность газогенератора, поскольку она обычно определяется потребностью потребителей газа, в качестве эксплуатационного параметра не задается, однако при соблюдении режимов соответствующих данным табл. III расчетная производительность должна быть обеспечена.

Высота слоя топлива и зольной подушки определяется по центру генератора, над дутьевым колпаком, температура паровоздушного дутья и давление дутья — по замерам на воздуховоде, вблизи чаши генератора, на участке, где обеспечено достаточно полное перемешивание паровоздушной смеси. Содержание CO₂ так же, как и теплотворная способность генераторного газа, оцениваются по анализам средней, за период не менее 2 часов, пробе газа. В последнем случае должен быть применен газоанализатор с дожиганием (ВТИ, Норзе или др.). Температура газа должна измеряться термпарой, установленной в выходном патрубке газогенератора, в центре потока. Наконец, содержание горючих в шлаке может быть определено по средней, за период не менее 8 час. пробе шлака, отобранной у ножа газогенератора.

Таблица II

Дополнительные расчетные характеристики для типового полумеханизированного газогенератора конструкции ВНИИТ

Сорт и марка топлива	Производительность, в натуральном топливе, кг/час	Содержание горючего в шлаке, %	Выход шлака, кг/час	Расход воздуха		Расход пара на процесс	
				н.м ³ на 1 кг натур. топлива	н.м ³ /час	в граммах на 1 кг натур. топлива	кг/час
Кольчугинский каменный уголь марки Д	270	10	25	2,1	550	250	70
То же, без вращения чаши газогенератора	170	12	17	2,1	350	250	45
Черногорский каменный уголь марки Д	200	15	35	2,0	400	300	60
Буланашский каменный уголь	250	15	55	2,0	500	300	75
Челябинский бурый уголь марки БК	370	20	80	1,4	550	200	75
Коксик	170	15	27	2,3	400	350	60
Торф кусковой	400	10	30	0,9	350	130	550
Чурка древесная	270	—	—	1,0	270	70	200
Щела древесная	300	—	—	0,9	270	70	200

Таблица III

Эксплуатационные параметры для полумеханизированного газогенератора конструкции ВНИИТ

Сорт и марка топлива	Высота слоя топлива, мм	Высота зольной подушки (над цепцом), мм	Температура паровоздушной смеси, °С	Давление паровоздушной смеси, мм вод. ст.	Содержание CO ₂ в сухом газе, %	Калорийность сухого газа, кал/н.м ³ с. г.	Температура газа на выходе, °С	Содержание горючих в шлаке, %
Кольчугинский каменный уголь марки Д	500	50+100	50	200	4,0	1450	600	10
То же, без вращения чаши	500	50+150	50	170	5,0	1400	600	12
Черногорский каменный уголь марки Д	600	50+150	52	180	5,0	1400	700	15
Буланашский каменный уголь	500	50+100	52	200	5,0	1400	600	15
Челябинский бурый уголь марки БК	600	50+150	55	200	6,5	1350	500	20
Коксик	600	50+100	50	200	6,0	1150	500	15
Торф кусковой	1200	50+150	50	200	9,5	1400	350	10
Чурка древесная	1200	50+100	35	50	8,5	1450	250	—
Щела древесная	1200	50+100	45	150	6,0	1500	200	—

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Введение

3

I. Примеры промышленных индивидуальных газогенераторов и анализ их работы

Первый опытный газогенератор на Усть-Катавском заводе	7
Газогенератор № 2 кузнечного цеха Усть-Катавского завода	9
Газогенератор № 4 кузнечного цеха Усть-Катавского завода	16
Газогенератор сталелитейного цеха Усть-Катавского завода	19
Основные достоинства и недостатки конструкций индивидуальных газогенераторов Усть-Катавского завода	—
Газогенераторы Златоустовского инструментального завода	21
Газогенератор Омского завода им. Куйбышева	24
Газогенератор Лысьвенского металлургического завода	26
Газогенератор Полтаво-Брединской ЦЭС	28
Обобщение материалов по конструкциям и эксплуатации индивидуальных газогенераторов, выполненных заводами	31
Примеры использования и компоновки газогенераторных установок	32

II Опытный полумеханизированный газогенератор конструкции ВНИИТ

Описание конструкции газогенератора	36
Результаты эксплуатации опытного газогенератора	39

III. Типовой полумеханизированный газогенератор конструкции ВНИИТ

Описание конструкции газогенератора и его элементов	44
Примеры выполненной компоновки газогенератора с потребителями	51
Результаты газификации различных видов топлива в типовом полумеханизированном газогенераторе	58
Опыт газификации кольчугинского каменного угля, марки Д	—
Опыт газификации черногорского каменного угля, марки Д	64
Опыт газификации буланашского каменного угля	66
Опыт газификации челябинского бурого угля	69
Опыт газификации коксика	72
Опыт газификации торфа	73
Обобщение результатов газификации и выводы	74

IV. Немеханизированный газогенератор конструкции ВНИИТ для древесины

Описание конструкции газогенератора	79
Назначение газогенератора и компоновка с потребителями	81
Результаты работы газогенератора на древесной чурке	83

Приложение

87

91324

Державна
ЗАКОНОВА БІБЛІОТЕКА
Короленко, Харків
№ 674557

7*

19 12 45
111