

Издание подписное

9110

2017069781



ВСЕСОЮЗНОЕ
НАУЧНОЕ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО
ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОСВЯЗИ
В Н И Т О Э

С Е К Т О Р Т Е П Л О Т Е Х Н И К И

9 323
671
Проф. Д. Л. ТАГЕЕВ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕСТНОГО ТОПЛИВА

- I. Отходы древесины и их использование
в газогенераторах
- II. Использование отходов сельскохозяйственных
культур и торфа в газогенераторах

МАТЕРИАЛЫ
КОНФЕРЕНЦИИ-КУРСОВ
ПО ТЕПЛОМУ ХОЗЯЙСТВУ
ПРОМЫШЛЕННЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ

Л Е Н И Н Г Р А Д ★ 1 9 4 0

ВСЕСОЮЗНОЕ
НАУЧНОЕ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО
ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОСВЯЗИ
В Н И Т О Э

С Е К Т О Р Т Е П Л О Т Е Х Н И К И

Я 323
671

Проф. Д. Л. ТАГЕЕВ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕСТНОГО ТОПЛИВА

- I. Отходы древесины и их использование в газогенераторах
- II. Использование отходов сельскохозяйственных культур
и торфа в газогенераторах

МАТЕРИАЛЫ
КОНФЕРЕНЦИИ-КУРСОВ
ПО ТЕПЛОМУ ХОЗЯЙСТВУ
ПРОМЫШЛЕННЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ

ВИДЫ МЕСТНОГО ТОПЛИВА И ИХ СВОЙСТВА

Под местными топливами надо понимать разнообразные виды горючих, которые вследствие их низкой теплотворной способности и большого содержания балласта — влаги и минеральных примесей — непригодны для далеких перевозок. Такие топлива экономически выгодно могут быть использованы только в районах их добычи.

Местные топлива можно разделить на две большие группы:

- 1) топлива растительного происхождения,
- 2) топлива ископаемые.

Первая группа представляет наибольший интерес в народно-хозяйственном отношении, так как виды этой группы широко распространены по всему пространству СССР и целесообразное их использование совершенно не организовано.

Группу местных топлив растительного происхождения составляют:

- 1) дрова,
- 2) отходы лесосечной древесины,
- 3) отходы деревообработки и переработки,
- 4) отпад в лесах (листва, хвоя, шишки, мелкие ветки, валежник),
- 5) отходы сельскохозяйственных культур:
 - а) стебли злаков — солома (пшеницы, ржи, ячменя, риса и др.),
 - б) стебли технических культур (подсолнечника, хлопчатника, клеверицы, мака и др.),
 - в) жмыхи (подсолнечника и других масличных культур),
 - г) отходы лубяно-волоконистых и других культур,
 - д) шелуха и лужга семян и др.

Использование этих отходов приобретает особо важное значение в связи с ростом сельского хозяйства и развитием технических культур и промышленной переработки продуктов сельского хозяйства.

Группу местных топлив ископаемого происхождения составляют:

- 1) торф,
- 2) сланцы,
- 3) бурые угли низкого качества,
- 4) сапропели и др.



1. ОТХОДЫ ДРЕВЕСИНЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ГАЗОГЕНЕРАТОРАХ

1. Древесное топливо

Древесное топливо добывается снятием деревьев с корня — рубкой топором, ручными или механическими пилами. На заготовку дров идут маломеры деревьев или так называемая фаутная древесина или древесина с пороками.

Площадь лесов всего земного шара равна 3067 млн. гектаров; хвойные породы занимают 1153 млн. га и лиственные — 1904 млн. га. Из площади мировых запасов леса на долю СССР приходится 1 млрд. га, из которых под лесом, пригодным для использования, — 512,8 млн. га; 79% этой площади занимают хвойные породы, 21% — лиственные.

Запас древесины на площади, покрытой лесом, по всему СССР составляет 50,7 млрд. м³, из них хвойных пород 43,4 млрд. м³ и лиственных 7,3 млрд. м³. Из этого количества дровяной древесины — 27,6 млрд. м³. В 1924 г. мировые запасы древесного топлива были определены¹ в 340 млрд. т условного топлива, из которых на СССР приходилось 63 млрд. т, что составляет 18,5% всего запаса. Древесина является ежегодно возобновляющимся видом топлива, и ее прирост в год составляет в среднем 750 кг/га.

Дровяную древесину образуют те деревья, которые непригодны для поделок, а именно: бурелом, сухостой, валежник, фаутная древесина, древесина, поврежденная пожаром или насекомыми, неполномерная и искривленная и вершинник деловой древесины. Кроме того, в качестве древесного топлива может быть использовано и большое количество отходов обработки деловой древесины.

Таблица 1

Виды топлива	1913 г.	1927/28 г.	1932 г.	1937 г.
Дрова как промышленное техническое топливо	25,2	17,4	14,5	9,6
Торф	1,4	3,8	5,4	5,2
Сланцы	—	—	0,1	0,4
Каменный уголь	54,5	60,5	60,3	66,6
Нефтетопливо	18,9	18,3	19,7	18,2
Итого	100,0	100,0	100,0	100,0

¹ „Энергетические ресурсы СССР“. Доклад на Мировой Энергетической конференции в Лондоне.

Ясно поэтому, что лес дает один из важнейших видов топлива — древесное топливо, удельный вес которого в энергетическом балансе СССР хотя и понижается, но все же сохраняет значительную величину. Это видно из таблицы 1, в которой приведены цифры, характеризующие энергетические балансы страны за 1913 г. и годы первой и второй пятилеток.

2. Отходы леса, дереводобычи и деревообрабатывающей промышленности и их использование

Лесная промышленность, охватывающая все формы добычи древесины со всеми способами ее обработки, начиная с распиловки кряжей и кончая получением сортовых изделий, переработкой древесины в продукты древесномассного и целлюлозно-бумажного производства и дерево-химической промышленности, — по разнообразию производимых продуктов приобретает особо важное значение в народном хозяйстве СССР. Эта отрасль промышленности имеет отличительное свойство, исключительно ей принадлежащее, — давать в производстве, начиная с добычи древесины в лесу и кончая всеми способами переработки, большое количество отходов.

Отбросы древесины, образующиеся в процессе естественного отмирания произрастаний на корню, задерживают прирост древесины вдвое против того, который был бы возможен; возникающая от этого потеря в лесах СССР составляет не менее 2000 млн. м³. Количество этих отбросов равняется 70 млн. м³ древесины, которые могли бы быть добыты с используемой в настоящее время площади лесных массивов СССР при ведении лесного хозяйства в соответствии с научными требованиями ухода за лесом.

Количество отходов лесосечной древесины, которые остаются на вырубках в наших лесах, равно в среднем 30—37% от заготавливаемой древесины. Развитие лесного хозяйства требует механизации лесозаготовок. Однако электрификация их требует больших количеств первичной энергии. Применение тракторов и автомобилей на жидком топливе становится нецелесообразным с передвижением лесозаготовительной промышленности на восток и северо-восток СССР. Поэтому единственным запасом энергии, имеющимся на месте, который при сосредоточенных рубках может обеспечить лесозаготовки полной механизацией, являются отходы лесосечной древесины.

Устройство неподвижных газогенераторных электросиловых установок для местных нужд и организация транспортного газогенераторного парка дадут возможность механизировать лесозаготовительные работы. В 1937 г. вывозка деловой древесины по плану составляла 174,4 млн. м³, а вывозка дровяной древесины 107,1 млн. м³. Выработка пиломатериалов в 1937 г. была 43 000 тыс. м³ и производство фанеры в том году — 735 тыс. м³.

Эти величины производительности лесной промышленности дают такие количества отходов, что их использование должно привлечь к себе внимание высших государственных органов.

За истекшее второе пятилетие предполагалось заготовить деловой древесины 722 млн. м³, дров 451,80 млн. м³, а всего 1173,8 млн. м³. После заготовки этого количества древесины в лесу останется примерно 35% от полученной древесины, т. е. 410,83 млн. м³. Если считать, что в лесу необходимо оставить половину этого количества отходов как зеленое удобрение, то за второе пятилетие могло бы быть использовано 205,40 млн. м³ лесосечных отходов. Из этого количества древесных отходов может быть получено 8 млн. л. с. установленной мощности¹ или в среднем в год—1600 тыс. л. с.

Количество отходов лесосечной древесины исключительно велико и изменяется по областям, в зависимости от размера лесозаготовок.

Для того чтобы получить представление о потерях топлива в отходах, брошенных в лесу, возьмем в качестве примера Уральскую область, которая по размеру лесозаготовок занимала во втором пятилетии третье место по СССР.

По Уральской области заготовки деловой древесины и дров за второе пятилетие были запланированы в количестве 186,4 млн. м³. По принятому выше способу подсчета, из отходов области можно иметь в год установленной мощности 240 тыс. л. с. Этого количества с избытком хватит не только на механизацию всех лесозаготовок, но и на все лесопромышленные предприятия.

В настоящее время отходы лесозаготовок собираются и сжигаются в лесу. Однако этот сбор стоит больших средств, вследствие чего есть все основания полагать, что затраты на полный сбор отходов с доставкой их на близрасположенные предприятия (т. е. рациональное их использование) полностью себя оправдают.

Лесопиление также дает значительное количество отходов, которое колеблется от 24 до 30% распиливаемой древесины (опилки 10—13%, срезки 14—18%).

Возвращаясь к примеру Уральской области, укажем, что при производительности новых заводов примерно в 1,8 млн. м³ деловой древесины в год, получается такое количество отходов, которое обеспечило бы топливом 17 тыс. л. с. установленной мощности, т. е. с избытком хватило бы на получение энергии для всех предприятий деревообрабатывающей промышленности Уральской области.

Примерно такое же положение имеет место и в Архангельском районе, где в течение года распиливается около 2 млн. м³

¹ При расчете принято: $\eta_{\text{эпк}}$ паросиловой установки 0,12, число рабочих часов в год 7245; влажность отходов 50%; теплотворная способность 2000 кал/кг; вес 1 м³ 750 кг.

еловых и сосновых кряжей, причем получается в виде отходов: опилок—200 тыс. м³, ступьчиков—40 тыс. м³, реек и обалпов—600 тыс. м³. Из указанного количества отходов в качестве топлива на месте расходуется только: ступьчики—полностью, около одной трети рейки и обалпов и половина опилок; следовательно, без использования остаются 100 тыс. м³ опилок и 420 тыс. м³ рейки и обалпов.

Велико количество отходов и в деревообделочных производствах. Например, в производстве строительных деталей отходы составляют 48—50%, в фанерном—до 60%, в мебельно-столярном—до 50% и т. д.

Средние величины отдельных отходов в различных деревообрабатывающих производствах приведены в таблице 2. В этой таблице наряду с количествами отходов в процентах потребляемого сырья указана и их влажность.

Таблица 2

Название цеха	Отходов в %						Влажность в %
	опилки	срезки	стружки	кора	рванина	карандаши	
Лесопильный . . .	10—13	14—18	—	—	—	—	45—50
Строгательный . . .	6	5	22	—	—	—	15—20
Ящичный	10	17	7	—	—	—	"
Мебельно-столярный	8	18	22	—	—	—	"
Строительных деталей	8	10	30	—	—	—	"
Строительных ферм	—	13	—	—	—	—	"
Стандартного домостроения . . .	6	2	11	—	—	—	"
Фанерный	—	5	—	10	22—25	15—18	15—40
Деревянных труб	—	—	34	—	—	—	8

3. Краткая характеристика отходов лесосечной древесины

При рубке леса на местах заготовок остаются без использования верхние части деревьев (вершинки), сучья, ветви и пни. Иногда вершинки и крупные сучья идут в заготовку дров низших сортов—хвороста или хмыза, но обычно в условиях наших лесозаготовок все перечисленные сорта отходов не используются даже как топливо для местных нужд; их просто оставляют на лесосеках, захламывая лес, что глушит молодые поросли, т. е. затрудняет восстановление леса.

Между тем мелкие ветви и тонкие вершинки, негодные на дрова, после несложной подготовки рубкой на мелкие куски вполне пригодны для газификации.

При лиственных пород по большей части остаются в земле без использования или (очень редко) выкорчевываются для заготовки дров. И только при хвойных пород (так называемый осмол) идут в специальную переработку — для смолокурения.

При разделке кряжей во время лесозаготовок их в зависимости от назначения ошкуривают, т. е. снимают кору. В таблицах 3 и 4 приведены некоторые характеристики коры разных пород.

Таблица 3

Кора	Содержание в %		Теплотворная способность (высшая)	
	влаги	зола	воздушно-сухая масса кал/кг	горючая масса кал/кг
Березовая	4,23	0,88	6668	7009
Осиновая	7,78	4,84	4517	5169
Еловая	10,13	3,31	4294	4961
Сосновая	10,12	2,56	4183	4790

Элементарный состав лесосечных отходов¹ дан в таблице 4.

Таблица 4

Порода	Части дерева	Элементарный состав сухой массы в %				Влажность в %	Летучие в %
		С	Н	О+N	А		
Сосна	Древесина	50,78	6,02	42,71	0,49	21,61	80,82
	Кора	50,02	6,28	41,50	3,20	27,27	69,25
	Хвоя	49,66	6,72	40,28	3,34	14,04	73,85
Ель	Древесина	51,81	5,97	41,41	0,81	49,37	85,25
	Кора	51,09	6,11	38,85	3,95	14,28	68,74
	Хвоя	49,68	6,31	39,50	4,51	8,66	79,38
Ольха	Древесина	49,92	6,44	43,20	0,44	48,33	84,43
	Кора	52,13	6,62	38,84	2,41	46,40	68,50
Береза	Древесина	49,90	6,37	42,98	0,75	39,22	80,13
	Кора	52,37	6,62	38,31	2,70	42,19	73,83

В таблице 5 приведены значения теплотворной способности отходов различных пород.

¹ Д. Л. Тагеев. Газификация отходов лесосечной и лесопильной древесины. 1933.

Таблица 5

Название отходов	Влажность в %	Теплотворная способность (низшая) кал/кг
Сосновые отходы	50	2001
Еловые отходы	40	2334
" "	50	1919
" "	60	1430
Ольховые отходы	36	2586
" "	42	2286
Березовые отходы (смесь 50%)	40	2376
Ольховые отходы с добавлением смолы	36	3400
Опилки сосновые	42	2417
Опилки сосновые поджаренные	3	4446
Опилки сосновые и сосновые отходы поджаренные	3	4337

4. Энергетическое использование отходов в промышленности

Для представления о том, какое количество энергии может быть получено при рациональном использовании древесных отходов, рассмотрим в качестве примера возможную постановку дела на 24-рамном заводе с производительностью 775 тыс. м³ древесины в год.

На основании данных таблицы 2 примем средний выход отходов лесопиления в 25% от количества перерабатываемого сырья. В таком случае количество отходов составит кругло 258 тыс. м³. При средней влажности отходов в 50% вес 1 м³ составит около 750 кг, т. е. вес всего количества отходов, с учетом раструски, определится в 193,5 тыс. т.

Если при лесопильном заводе будут организованы цеха побочных производств, количество отходов значительно увеличится.

Пусть при заводе будут сооружены два цеха: ящичный на 60 тыс. м³ и цех строительных деталей на 11 тыс. м³. В этом случае, помимо двух названных цехов, должен быть и третий — обслуживающий их строгательный цех.

Количество отходов в ящичном цехе составит 34%, или 30,9 тыс. м³, в строгательном цехе — 33%, или 44,8 тыс. м³, а всего по ящичному производству с учетом потерь на раструску — 71,9 м³. Аналогично в производстве строительных деталей количество отходов выразится в 20,1 тыс. м³.

Так как пиломатериалы для ящичного производства не пройдут сушиль, их влажность будет порядка 45%, и вес отходов составит 50,3 тыс. т. Влажность материалов, поступающих в цех строительных деталей, — 15% (после сушиль), вес отходов — 11,5 тыс. т.



Таким образом, общее количество отходов на заводе составит 255,3 тыс. т.

Если принять, что 1 кг древесного топлива с влажностью в 50% даст 0,244 квт-ч, то при 7245 часах работы в году получим часовую выработку электроэнергии на отходах, указанную в таблице 6.

Таблица 6

Отходы	Годовое количество отходов в тыс. т	Часовое количество отходов кг/час	Часовая выработка электроэнергии в квт-ч
Распиловки леса	193,5	26 700	6500
Ящичного производства	50,3	6 950	1880
Производства строительных деталей	11,5	1 585	660
Итого	255,3	35 235	9040

Из этой таблицы видно, что суммарная выработка энергии составит 9040 квт-ч, т. е. за счет всех отходов можно получить 9040 квт установленной мощности.

Для подсчета потребления электроэнергии на заводе примем, что на выработку пиломатериалов расходуется 20 квт-ч/м³ древесины и на производство ящиков и строительных деталей — 125 квт-ч/м³.

Расход электроэнергии составит: $775\ 000 \times 20 + 71\ 000 \times 125 \cong 24,4 \cdot 10^6$ квт-ч в год, что при 7245 часах работы потребует 3370 квт установленной мощности.

Прибавляя 25% на транспортные средства, освещение заводских помещений и другие нужды, получим, что общая потребность завода в установленной мощности достигнет 4210 квт.

Таким образом, получается излишек электроэнергии, который может быть отдан потребителям на сторону. Из приведенных цифр видно, что при рациональном использовании отходов потребность завода в энергии покрывается примерно 47% мощности, получаемой из отходов.

Особенно большое количество отходов дает бочарное производство. Во всех последовательных операциях обработки древесины получается 60% отходов, считая на перерабатываемое сырье. Кроме того, изготовление обручей дополнительно дает еще около 15—20% отходов.

О количестве отходов, используемых на предприятиях, можно судить по следующему примеру. На Астраханском бондарном заводе в 1931 г. по всем видам сырья было получено всего отходов 45 550 м³. Из этого количества на собственное тепло-

силовое хозяйство завод расходовал только 17 900 м³, т. е. около 40% всех отходов.

Приведенные примеры показывают, что в деле использования отходов деревообрабатывающей промышленности имеются огромные возможности, а само использование становится делом общегосударственного значения.

Помимо использования в энергетических целях, отходы механической обработки древесины могут быть с успехом применены и в лесохимической промышленности. Любые отходы, независимо от их формы и качества, пригодны для сухой перегонки. Единственный признак, по которому должен производиться отбор древесины, — это порода отходов.

Однако для такой переработки лесопильных и других отходов необходимо наличие следующих благоприятных экономических предпосылок: 1) низкая стоимость отходов и 2) спрос на древесный уголь, который получается в результате сухой перегонки.

В районах больших лесозаготовок и крупной деревообрабатывающей промышленности стоимость отходов определяется главным образом стоимостью их транспорта от места получения к месту потребления. При территориальном объединении лесомеханических и лесохимических предприятий стоимость отходов при их огромном выходе не может быть высокой, вследствие чего использование отходов всегда будет выгодным.

Спрос на древесный уголь в районах таких промышленных предприятий появится с внедрением в лесотранспорт газогенераторных тракторов и автомобилей, а при брикетировании угля — и со стороны местных промышленных предприятий.

Помимо сказанного, крупные отходы лесомеханических производств и лесосечной древесины, после соответствующей подготовки — раздробления, могут найти применение и в древесно-массном и целлюлозно-бумажном производстве. Точно так же кусковые отходы могут быть использованы в канифольно-скипидарном и канифольно-мыльном производствах, в производстве пластических масс и гидролизе древесины, где в особенности применимы опилки.

Ясно поэтому, что вопрос рационального использования отходов является вопросом народнохозяйственного значения, так как даже в том случае, если иметь в виду только энергетическое использование за счет отходов лесосечной и деревообрабатывающей промышленности, могут быть получены многие миллионы лошадиных сил.

5. Использование местного топлива в газогенераторах

В настоящее время использование местного топлива под паровыми котлами достаточно разработано, и имеется много типов топок, специально приспособленных для сжигания низкосортных топлив.

Схемы генераторов с указанными процессами представлены на рис. 1, 2 и 3.

На схемах обозначены: *a* — пояс подсушки топлива, *b* — пояс сухой перегонки, *c* и *d* — пояс газификации, *e* — колосниковая решетка, *l* — водяной затвор-зольник, *k* — газоотвод, *g* — топочная (шуровочная) дверца, *h* — периферийная подача воздуха (соплами), *i* — осевая подача воздуха, *f* — подача воздуха под колосники генератора, *j* — загрузочное устройство.

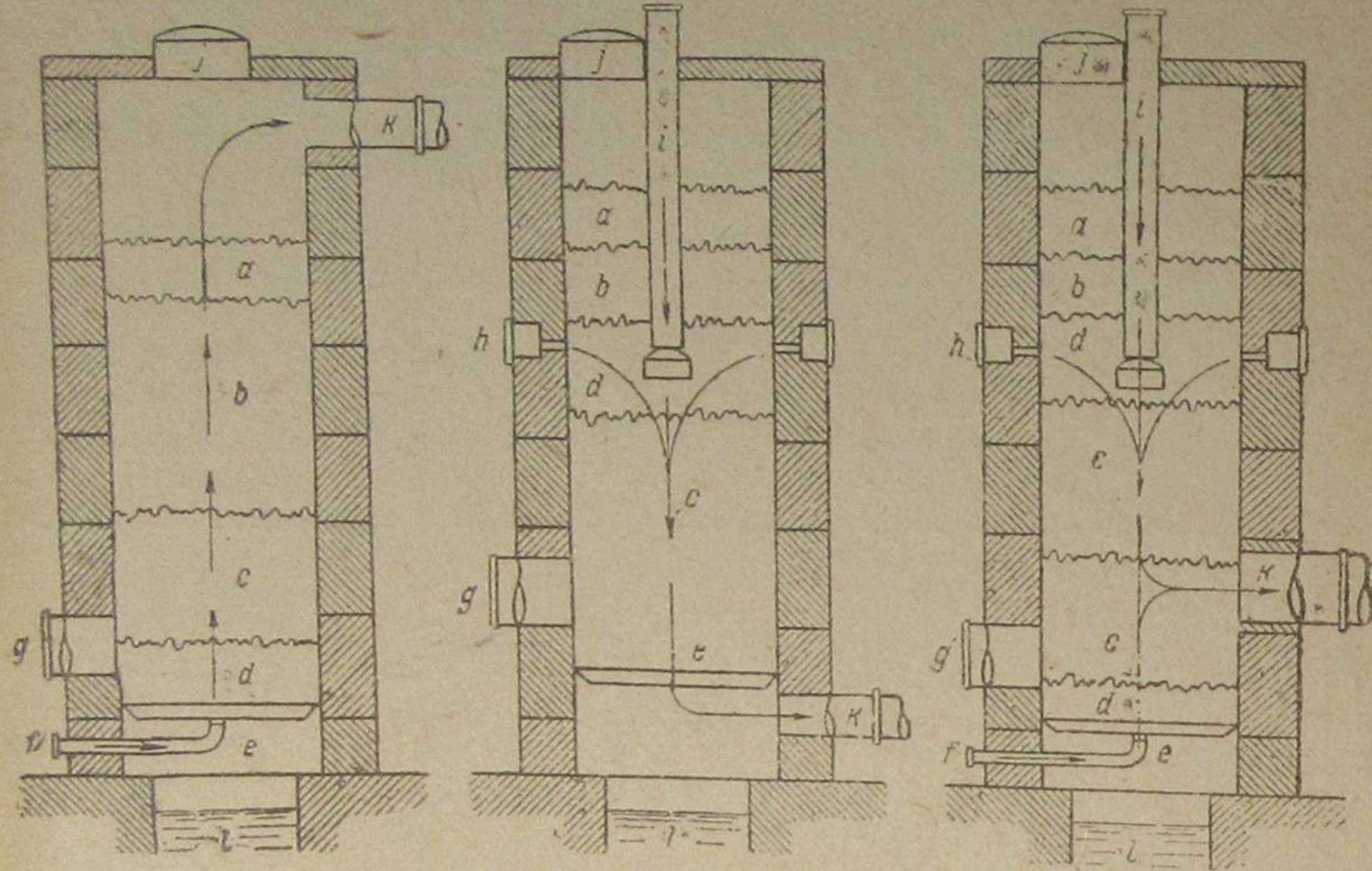


Рис. 1. Газогенератор с прямым (восходящим) процессом горения.

Рис. 2. Газогенератор с обратным (нисходящим) процессом горения.

Рис. 3. Газогенератор с двумя зонами горения.

В газогенераторах с прямым или восходящим процессом воздух и газ направлены снизу вверх шахты навстречу опускающемуся топливу (рис. 1).

За время пребывания в генераторе топливо первоначально подсушивается (пояс *a*), затем подвергается сухой перегонке (пояс *b*) и наконец поступает в пояс газобразования (*c* и *d*), где сгорает практически до минерального остатка.

В поясах *c* и *d*, наряду с реакциями взаимодействия углерода с кислородом воздуха, протекают и реакции разложения водяного пара, содержащегося в воздушном дутье и образующегося из неиспаренной влаги топлива.

В газогенераторах с прямым (восходящим) процессом пары смол, образующиеся при сухой перегонке топлива, поступают в газ и улавливаются в очистных системах.

В подавляющем большинстве современных газогенераторов пояс газобразования условно может быть разделен на две

зоны: зону горения (*d*) и зону восстановления образовавшейся углекислоты (*c*). Условность этого разделения определяется тем фактом, что в зависимости от интенсивности процесса, равномерности распределения температур по сечению генератора и др. в зоне *d* имеет место одновременное образование и углекислоты и окиси углерода. Поэтому строго разграничить указанные области нельзя. Это замечание в одинаковой мере относится и к другим поясам генератора, так как они переходят друг в друга более или менее постепенно.

Наряду со смолами в поясе сухой перегонки выделяются и газообразные продукты термического разложения твердого топлива: CO_2 , CO , H_2 , CH_4 и C_nH_m , первые три в большем количестве, последние два — в меньшем.

Эти же газы выделяются и при частичном разложении смол, обычно имеющем место в генераторах.

Как правило, газ сухой перегонки обогащает собственно генераторный газ, идущий из пояса газификации, причем степень обогащения зависит не только от рода топлива, но и от температурного режима в поясе сухой перегонки.

Для очистки газа от смолы и твердого уноса применяют различные технологические схемы, одна из которых описана в связи с рис. 4.

В газогенераторах с обратным, нисходящим процессом газ и воздух движутся в одном направлении с топливом (рис. 2).

В верхней части шахты топливо частично подсушивается и подвергается сухой перегонке за счет тепла, передаваемого излучением и теплопроводностью от обмуровки и нижележащего раскаленного слоя *d*, в котором происходит горение углерода топлива с кислородом воздуха, подаваемым обычно по осевому воздухопроводу и через отверстия по периферии. Ниже расположен пояс восстановительных реакций.

В газогенераторах с двумя поясами горения (рис. 3) воздух подводится как сверху, так и снизу под колосниковую решетку. Вследствие этого образуется второй пояс горения над колосниками.

В генераторах с двумя поясами горения, также как и в генераторах с обратным процессом, продукты сухой перегонки, содержащие смолы, проходят через пояса горения и восстановления. Вследствие этого под действием высокой температуры смолы разлагаются и отпадает необходимость в установке специальных смолоотделителей, составляющих неременную принадлежность газогенераторов прямого процесса. Отсутствие смолоотделителей в установках газогенераторов двух последних типов удешевляет стоимость генераторной установки и упрощает уход за ней.

В малых установках следует применять обратный процесс, так как в этом случае количество получающихся побочных продуктов незначительно.

Использование побочных продуктов газификации становится выгодным лишь начиная с мощности установки примерно в 100 л. с. и особенно выгодным в крупных и мощных установках, когда количество этих продуктов, улавливаемых в очистной системе, достигает весьма внушительных величин — в среднем примерно 5% от веса потребленного топлива.

6. Газогенераторные установки для газификации дров, щепы и опилок

Крупные установки для газификации дров и щепы прямым процессом представляют собой большие сооружения. Примерами таких установок являются газогенераторная станция системы

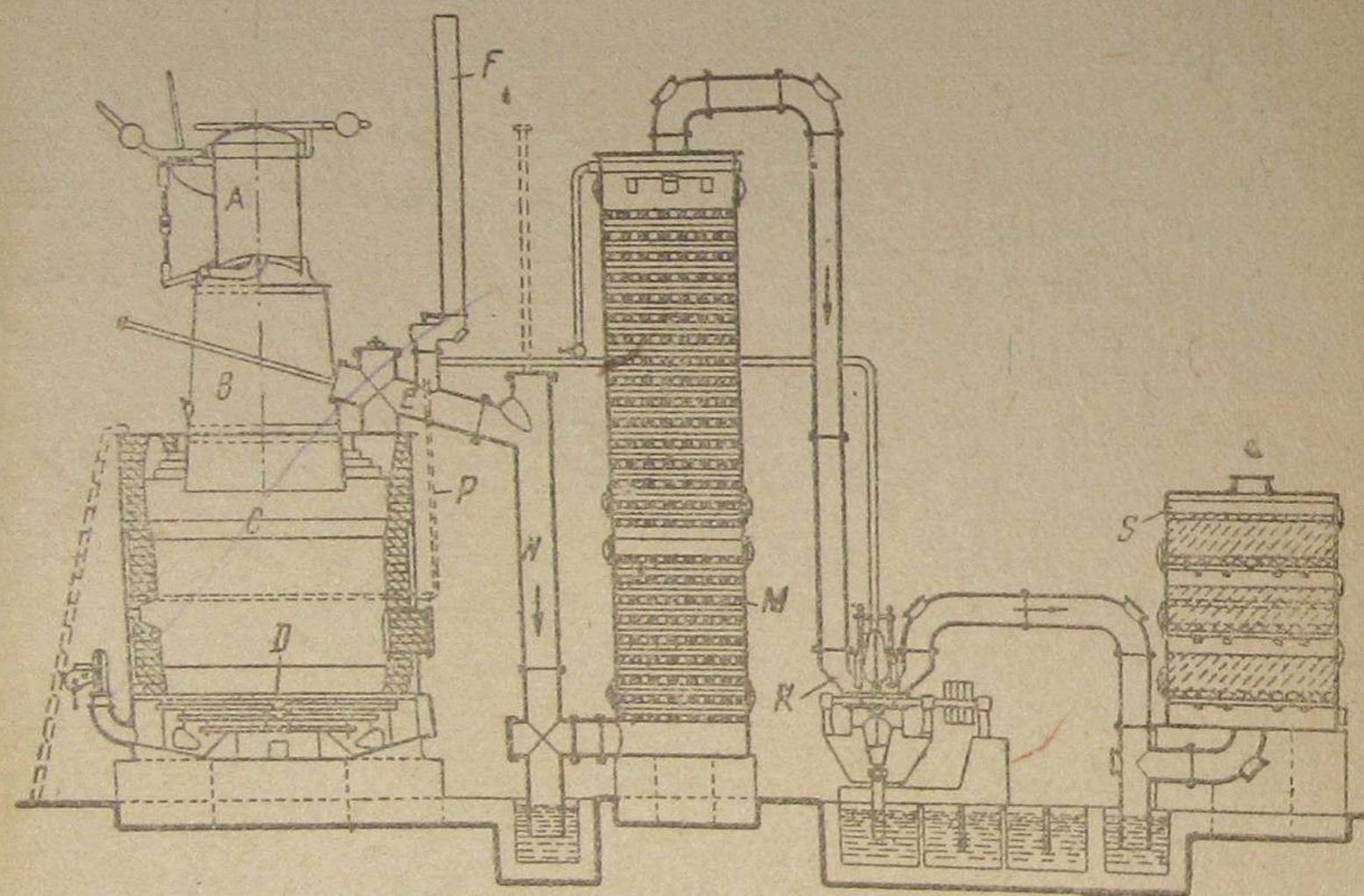


Рис. 4. Газогенераторная установка системы Кросслей на 6-м хлебозаводе в Ленинграде.

Кросслей для дров на 6-м хлебозаводе в Ленинграде, станция стекольного завода „Белый Бычок“ для щепы и др.

Установка 6-го хлебозавода состоит из 3 газогенераторов с индивидуальной очисткой газа. Назначение этой установки — производство газа для отопления камер хлебопечения. Установка завода „Белый Бычок“ дает газ для стеклоплавильных печей.

Станция 6-го хлебозавода системы Кросслей (рис. 4) состоит из следующих частей: газогенератора, стояка, мокрого очистителя-скруббера, центробежного смолоотделителя, сухого очистителя и газодувки. Шахта газогенератора С — железный цилиндрический кожух, выложенный внутри огнеупорным кир-

пичом. Внутренний диаметр шахты — 2200 мм, высота — 1900 мм. Над шахтой газогенератора установлена конусная необмурованная реторта В, имеющая размеры: высоту — 1430 мм, верхний диаметр — 1200 мм и нижний — 1450 мм. Реторта нижним концом входит в шахту. Над ретортой расположена загрузочная коробка А с двумя затворами. Колосниковая решетка D состоит из трех ярусов кольцевых плит с промежутками для выгребания золы вручную. Воздух поступает через 6 дверей, расположенных по окружности газогенератора и служащих одновременно для выгребания золы. Газ из шахты поступает через крестовину E в стояк N и далее в мокрый очиститель-скруббер M с деревянной хордовой насадкой. Размеры скруббера: диаметр — 1200 мм, высота насадки — 4800 мм. Далее газ проходит в однодисковый центробежный смолоотделитель K, который приводится во вращение электродвигателем (3-фазного тока мощностью 11 квт при 1450 об/мин.). Из смолоотделителя газ переходит в сухой очиститель S прямоугольной формы, заполненный древесными стружками. Размеры очистителя: высота — 700 мм, ширина — 3000 мм и длина — 4000 мм. Из сухого очистителя газ подается в сборный коллектор и под давлением идет к горелкам печей. Для растопки газогенератора служит разжиговая труба F, присоединенная к крестовине E.

При полной нагрузке газогенераторной установки расход дров с влажностью 25—30% на один газогенератор составляет 850—900 кг/час, что соответствует интенсивности газификации 220—240 кг/м²/час.

При работе такой установки на двигатель надобность в нагнетательной газодувке отпадает, и вместо нее у генератора устанавливается воздушный вентилятор, служащий для пуска генератора и заполнения очистной системы газом. Установка Кросслей на 6-м хлебозаводе была смонтирована в 1928 г. и до настоящего времени работает вполне надежно.

Опыты промышленного значения по газификации древесины в виде щепы впервые были произведены в Швеции в 1914—1918 гг. Эти опыты показали, что опасаться нарушения газогенераторного процесса вследствие измельчения крупных поленьев нет никакого основания. Щепка из древесины вполне соответствует условиям газогенераторного процесса, так как равномерно распределяется по сечению шахты, оставляя между отдельными кусками прозоры, достаточные для прохода газа. Вместе с тем при измельчении древесины в щепу увеличивается реактивная поверхность топлива, обеспечивающая полноту процесса и лучший прогрев топлива.

При газификации мелкой щепы был получен газ следующего состава: 1) при влажности щепы 50%: CO₂—9,5%, CO—23,8%, H₂—6,7%, CH₄—5,1% и N₂—54,9%, температура газа 80—100°, низшая теплотворная способность—1286 кал/м³; 2) при влажности щепы 40%: CO₂—5,0—6,4%; CO—28,8—30,8%; H₂—5,2—7,7%;

CH_4 —1,2—3,4%; C_2H_4 —0,4—0,7%; N_2 —53,3—55,9%, низшая теплотворная способность газа—1480 кал./м³.

Газификация влажной щепы дала результаты лучшие, чем газификация сухих крупных дров.

В СССР крупные газогенераторы¹ на щепе впервые были установлены в 1930 г. на стекольном заводе „Белый Бычок“. Установка состоит из двух блоков по 6 газогенераторов в каждом и рассчитана на потребление 300 т древесного топлива (щепы) в сутки.

Разрез газогенератора показан на рис. 5.

Шахта газогенератора круглая и имеет внизу небольшую конусную часть. Высота шахты 5735 мм, диаметр—3000 мм, диаметр патрубка для отвода газа—1050 мм.

К кожуху газогенератора прикреплены 4 опорные лапы для установки на фундаментных колонках. Внутренняя обмуровка в верхней части выполнена из шамотного кирпича, а в нижней, на высоте 1320 мм,—из талькового, с целью предохранения стенок от разъедания золой древесины. Высота слоя топлива 3500 мм; объем топлива в генераторе 24 м³; загрузочная коробка имеет два затвора: вверху—крышку и внизу—конус. Подъем и опускание конуса производятся лебедкой. Газогенератор установлен на бетонном фундаменте, углубление в котором служит гидравлическим затвором. Удаление золы было спроектировано и осуществлено гидравлическим, однако на практике оно себя не оправдало, и выгреб золы производится периодически вручную, для чего требуется остановка газогенератора. Газогенератор снабжен центральным и периферийным дутьем. Периферийное дутье подается через 16 сопел в кольцевой железной коробке, образующей нижнюю конусную часть шахты. Труба, подводящая воздух к коробке, имеет отвод в зольную чашу для спуска конденсата.

Центральное дутье подается чугунной трубой и распределяется по сечению газогенератора особым устройством, состоящим из кольца и чашки.

Выходящий из газогенераторов газ первоначально проходит стояки с гидравлическими затворами и через специальные клапанные коробки поступает в сборные коллекторы по одному на 6 генераторов. Из коллекторов газ направляется в электрофильтры и далее в мокрые скрубберы.

Очищенный и охлажденный газ поступает в сухой очиститель и вентилятором подается к местам потребления. На случай выключения или бездействия электрофильтров имеется обводной газопровод; в этом случае очистка газа производится в скрубберах.

Для производства щепы установлены две дробилки (чиперы) производительностью 360 т в сутки каждая. Дроблению подвер-

¹ По проекту Стеклостроя.

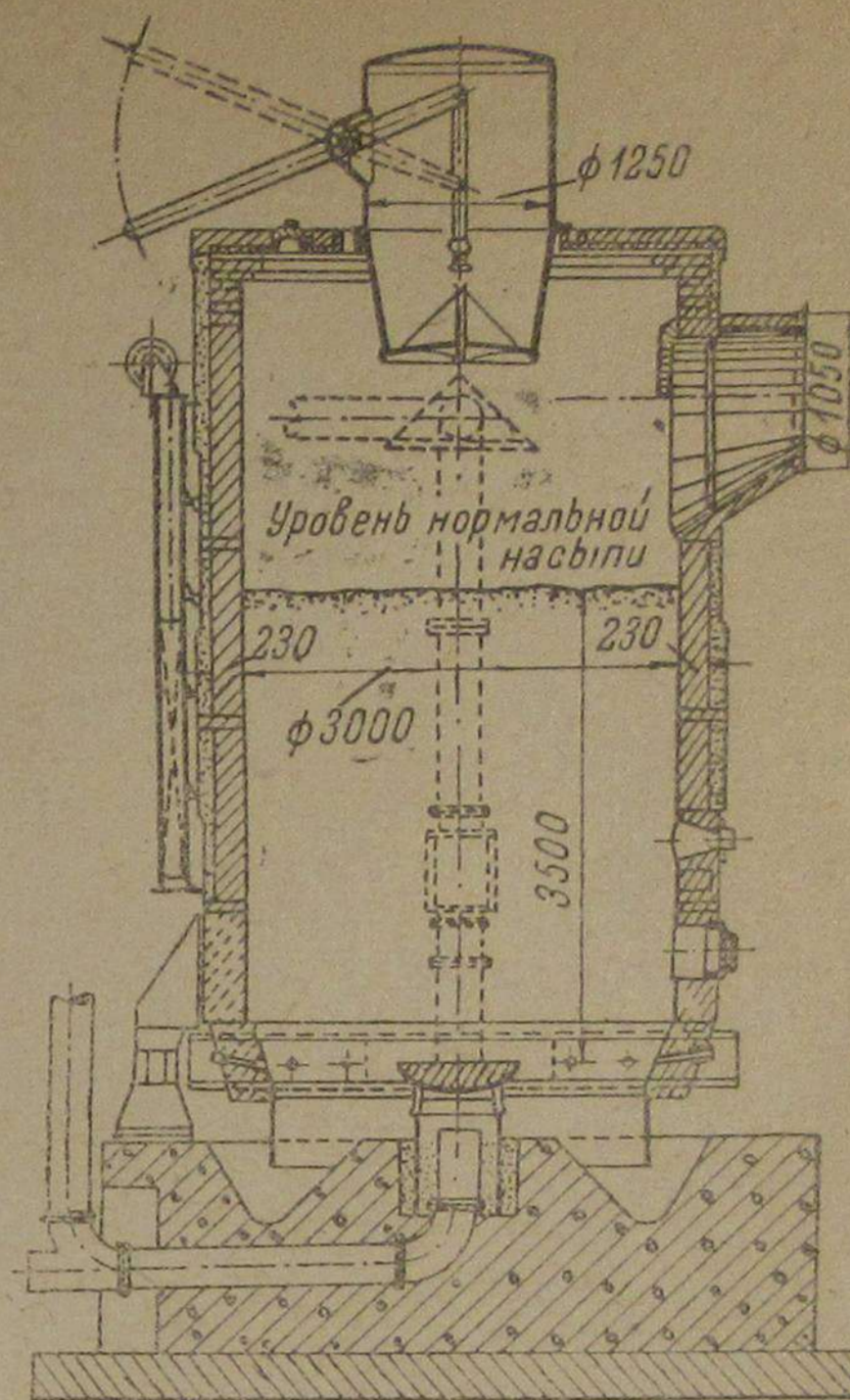
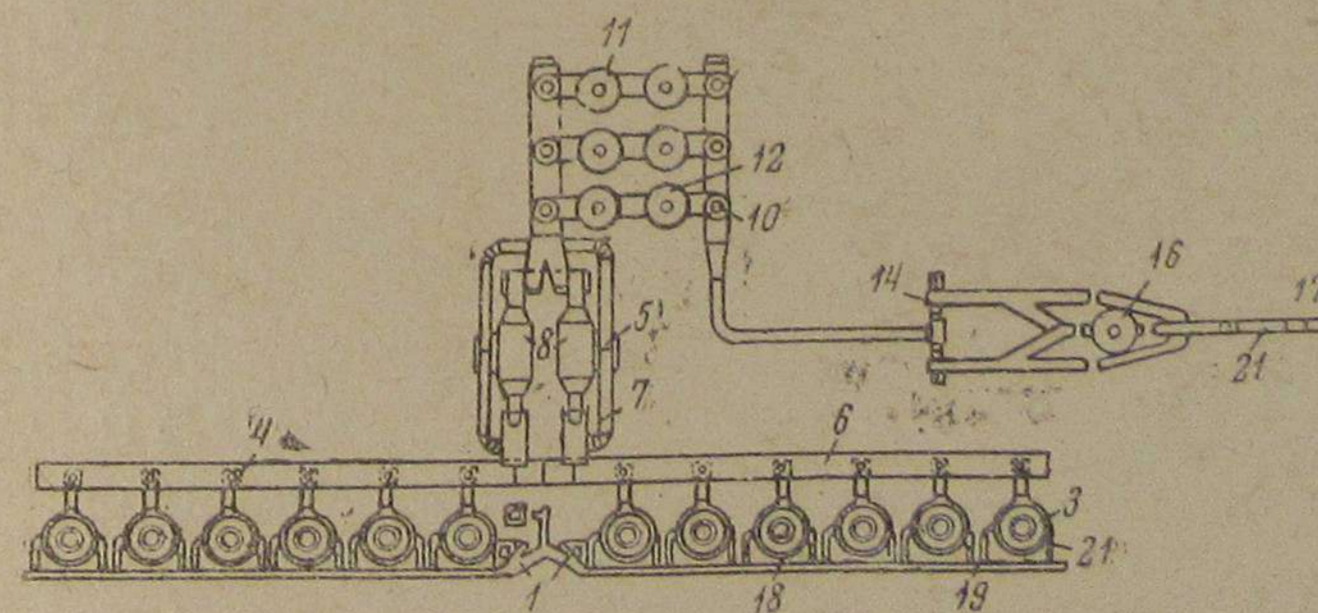
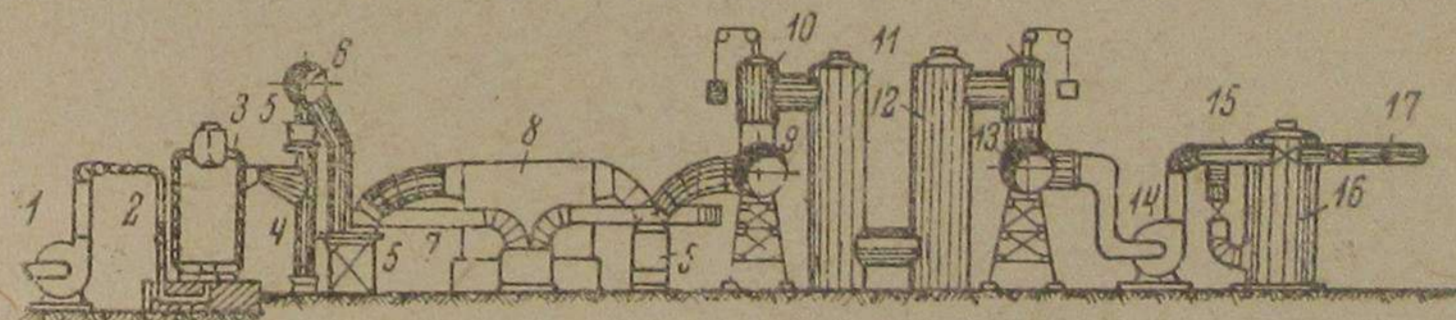


Рис. 5. Генератор для щепы и общий вид установки на заводе „Белый Бычок“.

1—воздушный вентилятор; 2—подвод пара; 3—газогенератор; 4—стойка; 5—гидравлические затворы; 6—коллектор сырого газа; 7—обводный газопровод; 8—электрофильтр; 9—коллектор газа перед скрубберами; 10—колокольный гидравлический затвор; 11—солевой скруббер; 12—промывной скруббер; 13—коллектор газа после скрубберов; 14—газовый вентилятор; 15—обводный газопровод; 16—сухой скруббер; 17—общий газопровод к печам; 18—воздухопровод; 19—центральное дутье; 20—периферийное дутье; 21—труба Вентури.



гаются кругляки длиной 1,5 м и диаметром до 200 мм (а иногда и крупнее). Дробилка приводится в движение электродвигателем мощностью 300 л. с. На скребковый транспортер затрачивается 16 л. с., и на ленту, подводящую дробленку к газогенераторам,—9 л. с. Скорость движения ленты 0,5 м/сек. Чрезмерно большая мощность электродвигателя при дробилке объясняется неравномерностью толщины подаваемого длинника; часто попадают отрезки до 30—35 см в поперечнике.

Испытание газогенератора при работе на щепе с влажностью 30% и золы— $A^p=0,53\%$ и $Q_v^p=3285$ кал/кг при интенсивности газификации в 200 кг/м²/час дало следующие результаты: средний состав газа: $CO_2=6,8\%$; $CO=28,1\%$; $CH_4=2,6\%$; $H_2=15,4\%$; $C_nH_m=0,38\%$; $O_2=0,5\%$; $N_2=46,22\%$; $Q^p=1633$ кал/м³; выход газа 1,31 м³/кг; выход смолы около 10% и выход уксусной кислоты 5% по весу рабочего топлива.

Газогенератор нового образца фирмы Гумбольдт-Дейтц для газификации дров представлен на рис. 6.

Этот газогенератор принадлежит к типу генераторов с обратным, нисходящим процессом. Нижняя часть шахты генератора имеет огнеупорную футеровку, верхняя часть не обмурована, в ней топливо подвергается подсушке и сухой перегонке за счет тепла, выделяющегося в поясе горения; подвод воздуха производится в верхнюю часть пояса горения через отверстия в специальной кольцевой коробке. Сюда же направляется воздух и через осевой подвод. Стрелки на чертеже указывают направление движения воздуха, который равномерно распределяется по сечению шахты и обеспечивает равномерное горение топлива.

Побочные продукты газификации вместе с образовавшимся газом проходят через раскаленный слой топлива и там разлагаются. Внизу на шаровом подпятнике газогенератора установлена колосниковая решетка, которая для удаления золы покачивается с помощью горизонтального рычага.

При разжиге газогенератор раздувается вентилятором, включенным через обратный клапан в кольцевую коробку. При этом продукты горения отводятся через дымовую трубу, установленную в верхней части шахты. При нормальной работе генератора газ из шахты поступает в дисковый охладитель-очиститель, где производится мокрая очистка, и затем проходит через верхний, пластинчатый сушильщик, где отделяется влага. Из очистного устройства газ идет в двигатель.

Газогенераторы указанного типа применяются в небольших установках для двигателей мощностью от 6 до 76 л. с. при 400—1100 об/мин.

Испытание газогенераторной установки Дейтц (первоначального образца) с двигателем той же фирмы (1932—1933 гг.) в Лесотехнической академии дало следующие результаты.

1) Прямой процесс при работе газогенератора на дровах. Полезная мощность двигателя: $N_n=14,4$ л. с. (номи-

нальная мощность двигателя на газе 15 л. с. и на нефти—20 л. с. при 450 об/мин.).

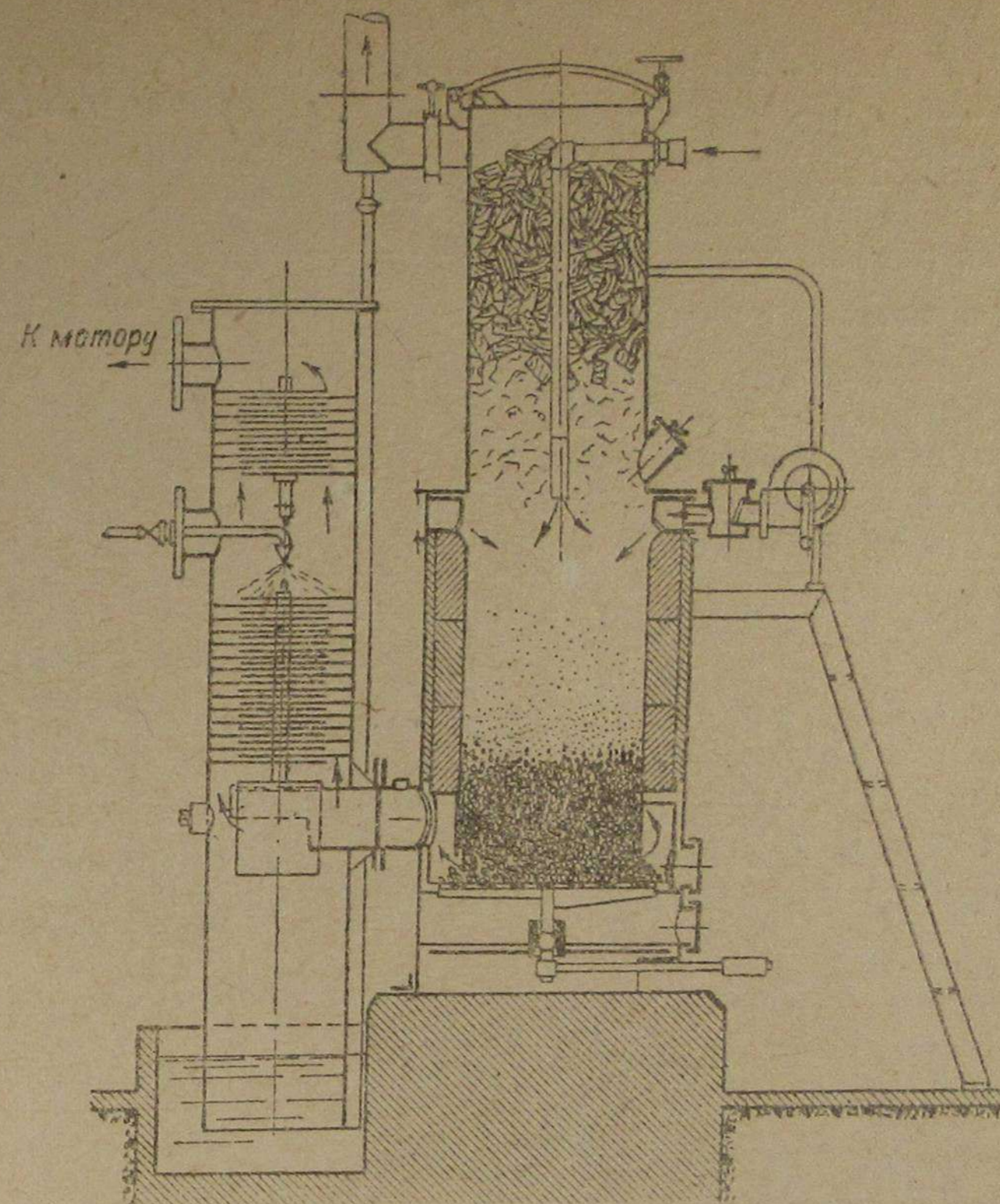


Рис. 6. Газогенераторная установка фирмы Гумбольдт-Дейтц.

Расход дров	1,51 кг/п. л. с. час
Расход газа	2,39 м ³ /п. л. с. час
Выход газа	1,32 м ³ /кг дров
Среднее индикаторное давление	4,14 кг/см ²
Число оборотов	435—447,5 об/мин. и

2) Прямой процесс на отходах.

$N_n=14,6$ л. с.

Расход отходов	1,7 кг/п. л. с. час
Расход газа	2,28 м ³ /п. л. с. час
Выход газа	1,59 м ³ /кг отходов
Среднее индикаторное давление	3,68 кг/см ²
Число оборотов	445—450 об/мин.

3) Обратный процесс на отходах.

$$N_n = 15 \text{ л. с.}^1$$

Расход отходов	1,41 кг/п. л. с. час
Расход газа	2,62 м ³ /п. л. с. час
Выход газа	1,92 м ³ /кг отходов
Среднее индикаторное давление	3,76 кг/см ²

Оценка работы установки:

При прямом процессе:

Тепловая полезность (к. п. д.) двигателя при работе на газе из дров	$\eta_{гд} = 24,0\%$
То же, на газе из отходов	$\eta_{гд} = 28,5\%$
То же, генератора	$\eta_{гг} = 71,5\%$
То же, всей установки, соответственно	$\eta_{гв} = 20,4\%$ и 17,1%

При обратном процессе:

Тепловая полезность (к. п. д.) двигателя при работе на газе из отходов	$\eta_{гд} = 29,0\%$
То же, газогенератора	$\eta_{гг} = 69,0\%$
То же, всей установки	$\eta_{гв} = 20,0\%$

В таблице 8 приведены величины, характеризующие работу газогенератора на различных топливах.¹

Таблица 8

Топливо	Старые древесные отбросы	Свежие древесные отбросы W = 30%	Лесопильные отходы. Смесь из 1/2 кусков и 1/2 стружек	Прессованный торф	Бурый уголь	Лигнит
Показатели						
Низшая теплотворная способность кал/кг	3680	2990	3360	4052	3260	3340
Состав газа в %:						
CO ₂	13,0	14,5	13,5	13,6	11,5	14,2
O ₂	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1
C _n H _m	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1
CO	13,8	13,5	14,2	15,8	17,0	14,8
H ₂	16,0	14,6	14,8	16,3	15,2	13,9
CH ₄	2,8	2,9	3,0	2,1	2,5	2,3
N ₂	54,3	54,4	54,4	52,0	53,6	54,6
Низшая теплотворная способность газа кал/м ³	1086	1033	1084	1110	1122	1019
Расход топлива на 1 л. с. в час в грамах	800	1120	1000	850	1030	1000

¹ Д. Л. Тагеев. Газификация отходов лесосечной и лесопильной древесины. 1933.

Газификация древесных опилок и стружек и кусковой мелочи требует тщательного наблюдения за состоянием слоя топлива. При газификации этих топлив в поясе сухой перегонки образуются смолы, вызывающие слипание топлива в плотную массу, которая мешает движению новых порций топлива и равномерному проникновению воздуха в слой. Только умелым шурованием по всему сечению газогенератора и пиковкой сверху через питатель можно предупредить образование в шахте сводов из слипающегося топлива.

Лучшим средством для равномерного распределения воздуха и правильного, без задержек, движения топлива в шахте является устройство особых механических перемешивателей топлива в шахте. Однако при наличии механических перемешивателей мелкие частицы несгоревшего топлива вместе с золой оседают на колосниковой решетке и часто образуют плотный слой, трудно проницаемый для воздуха и газа. Для устранения этого фирма Гумбольдт-Дейтц в своих газогенераторах ставит под решеткой воздухопровод с пружинным клапаном.

При возрастании сопротивления в слое разрежение в шахте увеличивается; как только разрежение в шахте достигнет предельного значения, клапан откроется и впустит больший объем воздуха, который благодаря увеличенной скорости, протекая через слой на колосниковой решетке, разрыхлит его. Нормальное течение процесса в газогенераторе будет тем самым восстановлено.

На рис. 7 показан газогенератор с обратным процессом для газификации опилок и стружек с приспособлением для перемешивания топлива.

Осевой воздухопровод *a* приводится в движение зубчатым колесом *f* от электродвигателя; на нем укреплены рычаги *b*, которые перемешивают топливо и предупреждают возможное слипание отдельных кусков, и наклонные планки *c*, направляющие топливо в пояс восстановления; эти планки изготовлены из огнеупорного материала. Показанный на рис. 7 перемешиватель устраняет необходимость в ручном шуровании, а установка автоматического клапана в канале для воздуха делает излишним вмешательство в процесс горения на колосниках. При газифи-

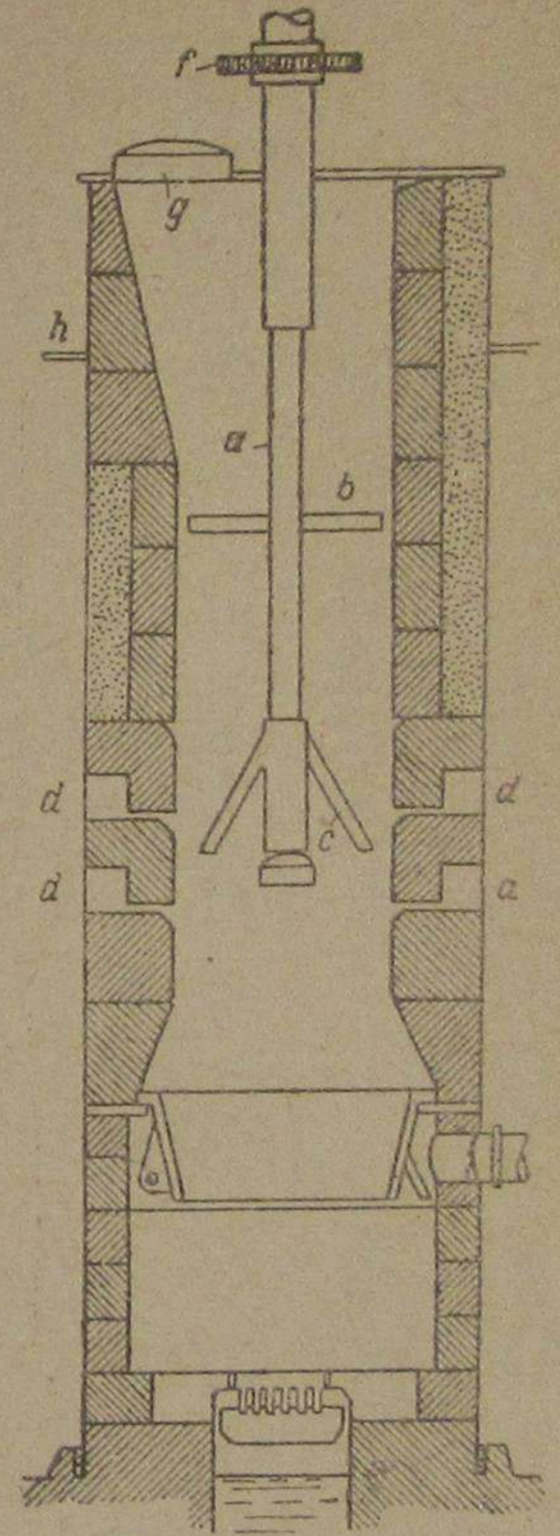


Рис. 7. Газогенератор для газификации опилок и стружек.

кации опилок и стружек их следует смешивать с кусковыми отходами древесины, так как иначе возникают затруднения вследствие образования плотных скоплений в шахте. Для облегчения процесса и получения лучших производственных показателей опилки следует предварительно поджаривать при температуре 120—180°. Вследствие этого они теряют свою повышенную влажность и происходит частичная возгонка летучих, что и облегчает процесс в газогенераторе, устраняя возможность образования спекающегося слоя.

О влиянии предварительной подсушки опилок на качество получаемого газа можно судить по таблице 7, из которой видно, что во всех трех случаях газификации поджаренных опилок теплотворная способность газа была выше, чем при газификации сырых.

Точно так же теплотворная способность газа увеличивается и при присадке смолы в пояс горения.

II. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И ТОРФА В ГАЗОГЕНЕРАТОРАХ

1. Отходы сельскохозяйственных культур

Употребление соломы как топлива для бытовых нужд известно с давних времен; точно так же использование соломы в топках локомотивов имеет широкое применение в областях интенсивного сельского хозяйства. В СССР солома применяется для вышеназванных целей в областях, бедных лесом. По справочнику „Использование отходов в тяжелой промышленности“, предположительный валовой сбор соломы в СССР в 1937 г. составил 157 706 тыс. *т*. Предполагая, что только половина этого сбора, т. е. 78 млн. *т*, могла быть использована для энергетических целей в сельском хозяйстве, и принимая, по моим исследованиям, расход соломы в газогенераторной установке в 1,2 кг/п. л. с. час, из указанного запаса соломы можно получить 10 млн. л. с. установленной мощности. Конечно, полученное значение установленной мощности нужно оценивать как верхнее, так как использование соломы хлебных культур возможно только в районах интенсивного сельского хозяйства.

Удельный вес соломы $\gamma = 0,8 - 0,95 \text{ кг/м}^3$. Насыпной вес при влажности, равной 13%, — 15 кг/м^3 .

В таблице 9 дан элементарный состав различных видов соломы по данным инж. Резцова (на абсолютно сухую массу).

Таблица 9

Солома	Элементарный состав в %			Зольность в %
	С	Н	О	А
Ржаная	45,8	5,7	0,52	3,5
Яровой пшеницы	45,8	5,6	0,52	3,5
Озимой пшеницы	46,1	5,6	0,42	4,1
Льняная	47,6	5,8	0,63	3,3
Просяная	44,6	5,2	0,90	5,9
Овсяная	44,4	5,2	0,45	7,2
Гречишная	42,0	5,2	0,50	7,2

Содержание золы в разных видах соломы изменяется от 3,3 до 7,2%, влажность 6—12%. Удельный вес золы $\gamma = 0,153$.

Средняя величина верхнего значения теплотворной способности разных видов соломы на сухую массу (Q_v^c): льняная, пшеничная и ржаная солома—4325 кал/кг, просяная, овсяная, ячменная и гречишная солома—3950 кал/кг. Но так как солома из скирд может иметь влажность до 40%, то соответствующие значения теплотворной способности рабочего топлива будут: $Q_v^p = 2350 - 2600$ кал/кг и $Q_n^p = 1940 - 2180$ кал/кг.

Во время опытов в ЛТА по исследованию газогенераторного процесса были определены следующие величины, характеризующие ржаную солому как топливо (таблица 10).

Таблица 10

Время сжигания	Влажность	Зольность	Высшая теплотворная способность кал/кг	Низшая теплотворная способность кал/кг
19 IV 1934 г.	20,2	4,5	3963	3573
23 IV	30,4	4,06	3846	3348
5 V	30,4	4,00	4270	3772
23 V	12,4	5,00	4410	4022

Элементарный анализ средней пробы соломы дал следующие результаты при расчете на абсолютно сухую массу: углерода—42,5%, водорода—5,7%, кислорода и азота—48,2% и зольность 3,6%. Температура плавления золы 1000—1200°C.

Маслобойные заводы употребляют в качестве топлива подсолнечную лузгу и разнообразные жмыхи.

По исследованиям А. Н. Баженовой, подсолнечная лузга имеет влажность 7,11% и зольность 1,96%; теплотворная способность $Q_v^r = 4883$ кал/кг.

Касторовые жмыхи: влажность 7,87%, зольность 8,22%, $Q_v^r = 5766$ кал/кг.

Состав горючей массы подсолнечной лузги: С—50—51,1%, Н—5,86—6%, О+N—43,04—44%, $Q_v^r = 4340 - 4585$ кал/кг (по Уманскому).

У рек, в тех местах, где имеются большие заросли камыша, он может быть использован в колхозах и совхозах как топливо для местных теплосиловых установок. Камыш содержит влаги до 16%, золы до 7,4%, органическая масса по составу близка к массе древесины с прибавкой незначительного количества серы (0,16%). Нижнее значение теплотворной способности $Q_v^r = 3450$ кал/кг.

В областях, где произрастает хлопок, топливом в местных мелких промышленных предприятиях может служить хлопковая лузга, которая в среднем имеет влажность 14,4%, зольность 2,12% и $Q_v^r = 4188$ кал/кг.

Необходимо отметить, что в соответствующих районах в качестве топлива для газогенераторов могут быть использованы льняная костра, так называемая „гуза-пая“—стебли хлопка, стебли подсолнечника, мака, кукурузы, риса и отходы обработки риса—рисовая шелуха.

2. Газификация соломы

В предыдущем разделе было показано, какое громадное количество энергии пропадает в соломе, остающейся на полях и подвергающейся уничтожению как естественному (гниению и разложению), так и искусственному (сжиганию).

В 1934 г. мной было произведено исследование газогенераторного процесса с применением соломы как топлива. Это было первое исследование, которое имело целью установить пригодность соломы для получения силового газа. Цель этого исследования заключалась, главным образом, в изучении устойчивости процесса в газогенераторе при применении соломы, без дорогостоящих подготовительных „способов обработки“.

Совершенно естественно, что газификация соломы, как топлива мало теплоплотного, представляла значительные трудности. Для испытаний была применена ржаная солома одного из пригородных колхозов, а само исследование газогенераторного процесса производилось в газогенераторе фирмы Гумбольдт-Дейтц,¹ предназначенном для газификации низкосортных топлив: древесины, различных древесных отходов, бурого угля и торфа.

Опытный газогенератор имел следующие размеры: высота шахты от колосниковой решетки до питателя 2175 мм, диаметр в свету 465 мм. Вверху шахты расположен питатель, имеющий форму усеченного конуса, и под ним реторта, входящая в шахту. Газогенератор может работать прямым и обратным процессом, с одним и двумя поясами горения.

На основании произведенного исследования² можно сделать следующие выводы.

1. Солома как топливо применима для газификации при предварительной резке на куски размером от 6 до 8 см.

2. Солома дает газ достаточно теплотворный; определения теплотворной способности газа по составу и при помощи калориметра Юнкерса дают в среднем $Q_n = 830$ кал/м³ (нижнее значение).

¹ Описание установки см. Д. Л. Тагеев, Газификация отходов лесосечной и лесопильной древесины, 1933.

² Подробнее см. Д. Л. Тагеев, О газогенераторе на соломенном топливе. „Электрификация сельского хозяйства“, № 2, 1935.

3. Растопка газогенератора на одной соломе вполне возможна. Однако такая растопка занимает много времени и для создания необходимого нагрева шахты требует много горючего.

4. Нормальный генераторный процесс устанавливается быстрее и надежнее, если газогенератор растапливается на дровах. После получения газа и пуска двигателя можно перейти на солому, постепенно загружая шахту.

5. Для устойчивости процесса солому следует загружать небольшими порциями и непрерывно, для чего необходима механическая подача; в газогенераторе должно быть устроено приспособление для разрыхления слоя топлива и механическое золоудаление.

6. Для вполне рационального использования соломы необходимо выработать особый тип газогенератора, придав ему иные соотношения размеров, чем в газогенераторах для древесины или торфа. Генератор для соломы, при той же производительности, что и для древесины, должен иметь меньшую высоту, но большее поперечное сечение, чтобы солома ложилась более тонким слоем и давление на нижележащие слои было не слишком высоким.

7. Колосниковая решетка газогенератора для соломы должна быть ступенчатая, грибообразной формы для свободного притока воздуха при прямом процессе и газа — при обратном.

8. Прямой процесс в газогенераторе на соломе необходимо вести так, чтобы горение не поднималось выше $\frac{1}{3}$ высоты шахты, так как иначе пояс сухой перегонки настолько уменьшится, что генератор даст бедный газ и при значительном притоке воздуха легко может превратиться в печь, т. е. горение распространится на всю высоту шахты. Для регулирования температуры в шахте необходимо сделать подвод воды в топку над колосниковой решеткой.

9. Процесс в газогенераторе пойдет более устойчиво, если солома будет предварительно смята. Наличие воздуха в стеблях соломы делает двигатель особо чувствительным к подводу воздуха.

10. При обратном процессе для установления пояса горения необходимо подавать воздух в пояс горения в наименьшем количестве. В противном случае процесс распространится вверх по шахте.

11. Обратный процесс в газогенераторе на соломе затрудняется накоплением на колосниковой решетке золы и обуглившихся, но не выгоревших частей соломы, создающих плотный слой, через который двигатель с трудом просасывает газ. Для устранения этого необходимо устройство специального механического золоудаления.

12. Ввиду того что в поясе сухой перегонки из соломы выделяются в большом количестве растворимые смолы, которые не могут быть удалены в обычных мокром и сухом очистителях, необходимо устройство особых очистителей для полного улавли-

вания смол. Без этого работа обратным процессом на двигатель затруднительна.

13. При ведении прямого процесса с предварительной растопкой на дровах и соответствующим режимом шахты, при наличии смолоотделителя и системы промывателя и сухого очистителя, прямой процесс газообразования в генераторе на соломе и работа двигателя вполне устойчивы и надежны.

14. Применение для охлаждения оборотной воды затруднено большим количеством растворимых смол, которые частично переходят в воду промывателя и загрязняют ее, трудно поддаваясь фильтрации.

15. При работе по прямому процессу были получены следующие результаты:

Расход соломы 1,12 кг/п. л. с. час.
Расход газа 2,92 м³/п. л. с. час.
Выход газа из соломы 2,60 м³/кг

Тепловая полезность (к. п. д.) двигателя $\eta_{гд} = 25\%$
Тепловая полезность (к. п. д.) газогенератора . $\eta_{гг} = 60\%$
Тепловая полезность (к. п. д.) установки $\eta_{гт} = 15\%$
Нагрузка колосниковой решетки (интенсивность газификации по топливу) 106 кг/м² час.

16. Считая, что с 1 га может быть собрано 15 ц соломы, и принимая расход на сельскохозяйственные нужды и на раструску 450 кг, получим, что 1 га может дать для энергетических целей 1050 кг соломы.

При к. п. д. электрического генератора $\mu_g = 0,9$ удельный расход соломы, отнесенный к 1 квт-ч на шинах, будет:

$$\frac{1,2}{0,736 \times 0,9} = 1,82 \text{ кг.}$$

Следовательно, при газификации 1050 кг соломы, т. е. соломы с 1 га, можно получить 576 квт-ч, или 0,09 кв установленной мощности.

Общий вывод. Для использования громадных запасов соломы как топлива для газогенераторных двигателей, обладающих всеми преимуществами, свойственными двигателям внутреннего горения перед локомотивами и паровыми машинами, необходима дальнейшая углубленная разработка вопросов газификации соломы и очистки газа. В первую очередь необходимо изготовить опытный газогенератор, испытание которого указало бы дальнейшее и верное направление начатой исследовательской работы.

Газогенератор для газификации соломы лаборатории ДВГ Ленинградского индустриального института, показанный на рис. 8, — полустационарного типа. Этот генератор предназначен для обслуживания передвижной электростанции в сельском хозяйстве.

Газогенератор цельнометаллический, цилиндрической формы, имеет отъемную нижнюю часть — зольник. Шахта состоит из трех частей: 1) бункера (1), где солома подвергается первичной, термической подготовке — подсушке и сухой перегонке, 2) камеры горения (2) с поясом дутья шириной 200 мм, где расположены 54 металлические фурмы (3), 3) нижней конической части (4) высотой 800 мм, являющейся поясом восстановительных реакций.

Пояс фурм окружен фурменной коробкой (5), куда из атмосферы поступает воздух через два патрубка (6). Внизу шахты установлена коническая колосниковая решетка (7), укрепленная на квадратной головке оси (8). Ось колосниковой решетки закреплена в днище зольника на шаровом шарнире (9), который обеспечивает возможность поворачивания решетки для встряхивания.

Колосниковая решетка имеет шесть золоудаляющих ребер (10), по три вверху и внизу решетки. Наклон ребер колосниковой решетки — 60° , живое сечение — 45% . Зола проходит через отверстия в колосниковой решетке и падает в зольник; газ движется между шахтой и наружным кожухом генератора в газоотборный патрубок (11). На своем пути газ подогревает воздух в коробке (5) и солому в бункере, ускоряя ее подготовку для дальнейшего процесса в поясе горения. Обогрев отходящим газом бункера, где идет первичная подготовка топлива, в настоящее время применяется в ряде газогенераторов и оказался полезным, так как дает возможность вести газогенераторный процесс топ-

Рис. 8. Газогенератор ЛИИ для газификации соломы.

лив с большой влажностью. Предварительный подогрев соломы имеет существенное значение, так как без подогрева при быстром движении соломы в пояс горения поступит неиспаренная влага, которая значительно снизит температуру в поясе основных реакций.

Вверху газогенератора находятся уплотнитель топлива (12) и люк для загрузки (13). Уплотнитель соломы является существенной частью питательного устройства, так как солома при прохождении в шахте газогенератора вспучивается. Уплотнитель представляет собой цилиндрический поршень (14), приводимый

в движение кривошипом (15) с червячным колесом (16) от электромотора. В газогенератор загружается рубленая солома, длиной 100—120 мм, с влажностью 13—15%. Во время испытаний был установлен расход газа 2,28 кг/л. с. час или 3,4 м³/л. с. час и выход газа из 1 кг соломы 2,3 м³.

Газ из газогенератора проходит перегородчатый очиститель, цилиндрические холодильники, сухую очистку и далее поступает в смеситель двигателя.

Сравнительно большой расход соломы объясняется низкой степенью сжатия в двигателе СТЗ, равной $\epsilon=4,2$. Необходимо отметить, что такая степень сжатия совершенно не соответствует газу, полученному из соломы. В опытах, проведенных мной в 1934 г. в Лесотехнической академии на неподвижном двигателе Дейтц, степень сжатия была $\epsilon=12$, этим и объясняется полученный мной расход соломы.

3. Газогенераторы для мелких топлив

Газогенераторная установка фирмы Гумбольдт-Дейтц (рис. 9) построена для получения силового газа из растительных отбросов и древесных отходов, влажного древесного угля и торфа.

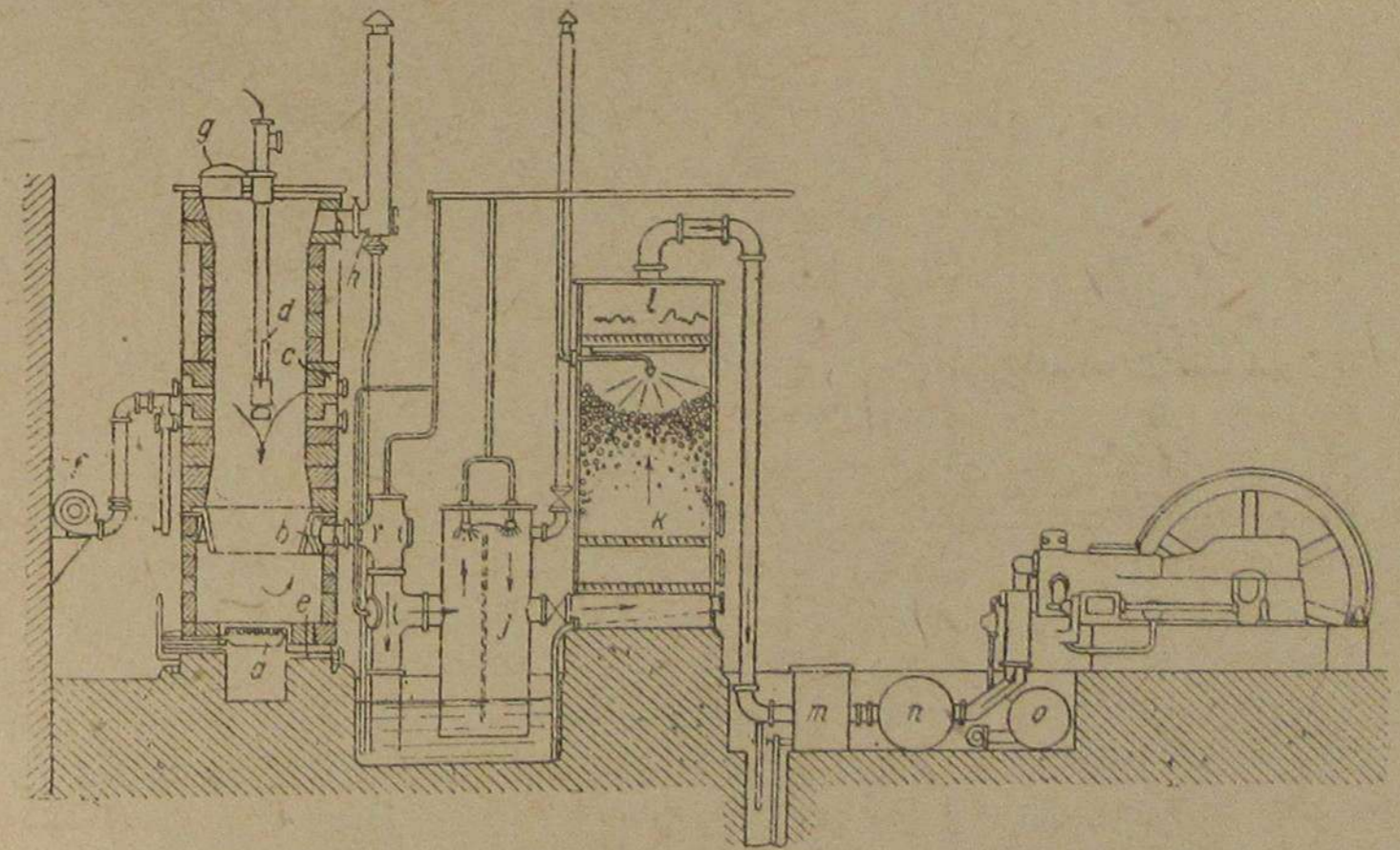


Рис. 9. Газогенераторная установка фирмы Гумбольдт-Дейтц.

Установка состоит из газогенератора, холодильника-очистителя, скруббера *k*, сухого очистителя *l*, водоотделителя (каплеуловителя) *m* и газоуспокоителя *n*. Генератор имеет цилиндрическую форму и состоит из железного кожуха, выложенного внутри огнеупорным кирпичом. Между кожухом и футеровкой имеется изоляция, обычно — асбест. Воздух поступает в шахту через

отверстия, расположенные несколько ниже середины шахты по окружности и по осевому воздухопроводу. Загрузка топлива производится через люк. Газогенератор относится к типу генераторов с двумя поясами горения. Топливо проходит через пояс горения и пояс восстановительных реакций к газоотводному патрубку *b*, на уровне которого имеется коническая вставка. Назначение этой вставки — предохранять газоотвод от засорения и содействовать равномерности отвода газа по поперечному сечению генератора. После прохода через восстановительный пояс топливо сгорает до конца за счет воздуха, подводимого снизу, через колосники. Здесь получается второй пояс горения. Образующийся газ отбирается через патрубок *b*. Для разжига газогенератора и выпуска газа в атмосферу установлены труба *h* и вентилятор *f*.

Из генератора газ при температуре 350—450° поступает в очиститель *j*, где предварительно охлаждается и очищается от пыли и отчасти от легких смол. Окончательная очистка газа происходит в скруббере, имеющем сверху неорошаемую водой насадку *l*; из скруббера газ поступает для окончательной осушки в каплеуловитель с отражательными пластинами *m* и далее через газоуспокоитель *n* в двигатель. Низшая теплотворная способность газа 1200—1350 кал/м³. Удельный расход топлива изменяется от 0,8 до 1,5 кг/л. с. час, в зависимости от рода топлива.

Для газификации отходов сельскохозяйственных культур — льянной костры, рисовой мякины и заранее нарезанных стеблей подсолнечника, хлопчатника (гузы-пая), мака, риса, кукурузы — может быть применен газогенератор с обратным процессом, показанный на рис. 10.

Воздух подводится вертикальной трубой с конусным раструбом *a*. Мякина или нарезанные стебли из питателя *k* проходят в шахту газогенератора по жолобу с заслонкой *j*, которой регулируется подача топлива. Топливо падает на конус и равномерно распределяется по сечению шахты газогенератора. Заслонкой *j* поддерживается постоянно высота топлива в шахте. Топливо образует под раструбом *a* обратный конус, обеспечивая нормальный подвод воздуха. Газогенератор снабжен решеткой *b*, имеющей форму корзины, которая приводится в возвратно-поступательное движение передаточным механизмом *d*.

Одновременно этот механизм посредством рычага *h* сообщает колебательное движение и конусу *a*. Шахта газогенератора построена из огнеупорного кирпича. Зола и несгоревшие части топлива, составляющие около 7%, после прохода через колосниковую решетку попадают в приемник *g*, наполненный водой. Газ выходит под решетку в газоотводный патрубок *f* и затем через очистительную систему поступает в двигатель.

На рис. 11 показан газогенератор для отходов обработки кофе (кофейная шелуха и пленка), применяемый в английских

колониях. Этот газогенератор может быть применен для подсолнечного жмыха, коробок хлопчатника и других мелких отходов сельскохозяйственных производств по обработке масличных культур или в крупорушном производстве.

В верхней части газогенератора находится бункер *a* с заслонкой *b*. Воздух поступает в пояс горения по осевому воздухопро-

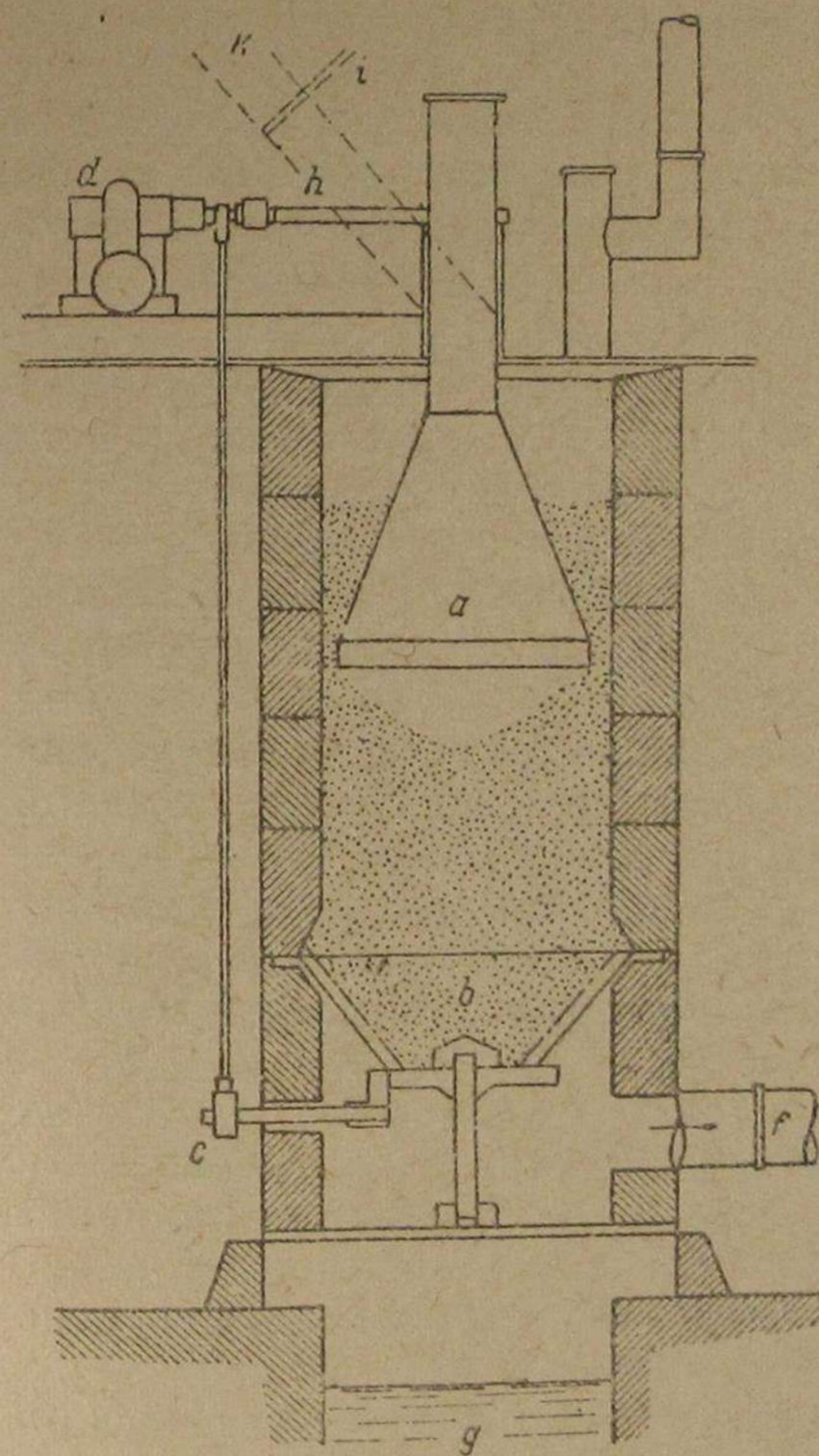


Рис. 10. Газогенератор для газификации отходов обработки риса.

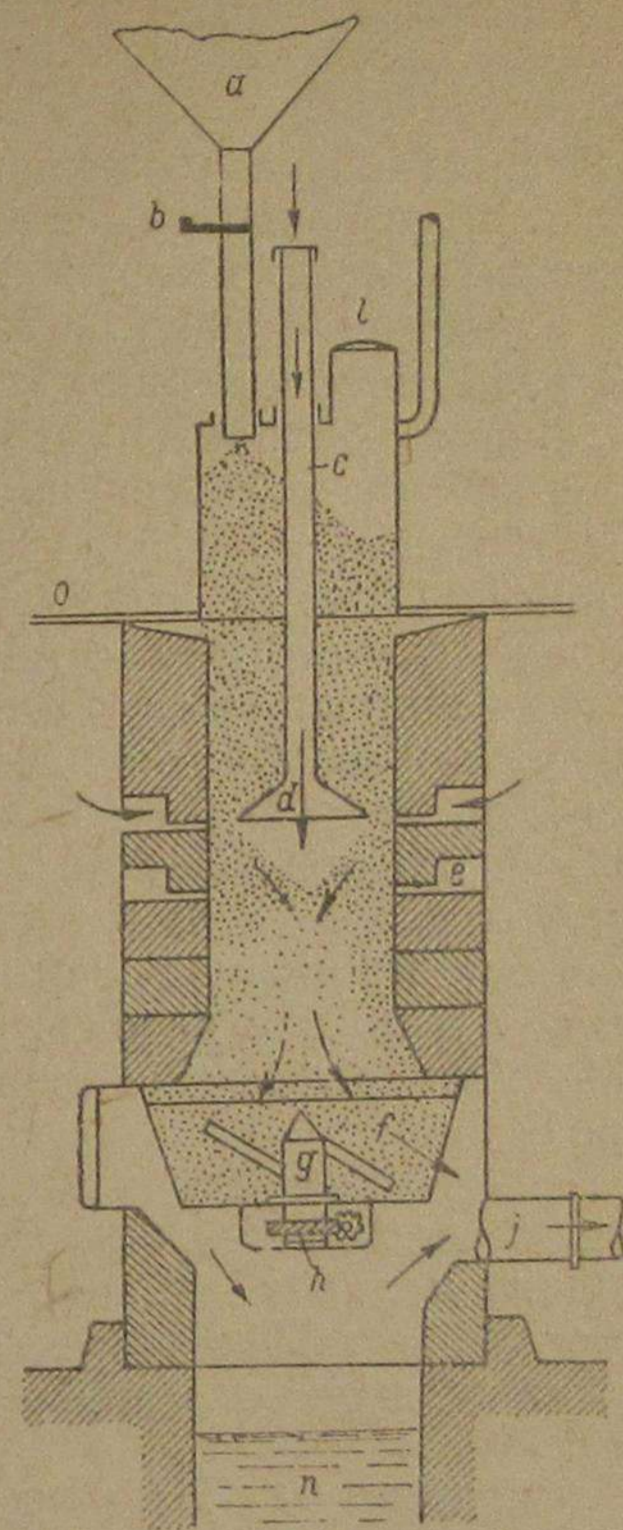


Рис. 11. Газогенератор для газификации отходов обработки кофе.

воду *c* и по небольшим радиально расположенным отверстиям *e* по окружности генератора. Осевой воздухопровод имеет распределитель-раструб *d* в виде зонтика, диаметр которого значительно меньше диаметра шахты, благодаря чему между ним и стенками шахты образуется кольцевое пространство для свободного прохода топлива. Колосниковая решетка *f* имеет форму ящика и снабжена вращающимися наклонными рычагами, закрепленными на оси *g*, приводимой в движение червячной передачей *h*. Выход газа *j* находится ниже решетки. Так как мелкое топливо

содержит много пыли, топливный бункер α устраивается закрытым и заполняется с помощью особого устройства. При работе генератора на более крупном топливе загрузка производится через люк Γ , а конический растроб (зонт) осевого воздухопровода снимается.

4. Газогенераторные установки малой мощности в сельском хозяйстве

Энергетика развивающегося сельского хозяйства требует для колхозов и совхозов силовые установки, которые могли бы обслужить мелкие местные промышленные предприятия и бытовые нужды сельского населения.

С развитием машино-тракторных станций они станут энергетическими центрами, которые в дальнейшем развитии будут обслуживать тяготеющие к ним колхозы. В юго-восточной части СССР, в Поволжье, где ведется интенсивное хозяйство зерновых культур, к одной машино-тракторной станции тяготеет площадь посевов около 30 тыс. га. При полном засеве станция может располагать мощностью до 3000¹ п. л. с. за счет соломы, используя только половину урожая, собранного с засеянной площади. Такое централизованное снабжение энергией в районе МТС не представляет ничего невозможного, но требует, с одной стороны, большой подготовки машиностроительной и электротехнической промышленности и, с другой, разработки вопроса о сборе и перевозке соломы к теплосиловой станции в данной МТС. Установки такого типа могут быть газогенераторными или паровыми.

В настоящее время во многих колхозах и совхозах ставятся станции небольших мощностей в соответствии с потребностями данного колхоза или совхоза. Для этих установок подойдет небольшая газогенераторная установка на местном топливе с двигателем тракторного типа, приспособленным к работе на газе.

В настоящее время преобладающим двигателем в сельском хозяйстве является нефтянка (15—75 л. с.). Этот двигатель, хотя и соответствует требованиям эксплуатации в сельском хозяйстве, очень прост по конструкции и не требует особой подготовки обслуживающего персонала, однако расходует много жидкого топлива (до 350—400 г/л. с. час). Вследствие этого пользование такими двигателями обходится дорого. Кроме того, необходимость подвоза жидкого топлива сильно затрудняет создание запаса топлива, а самые перевозки перегружают железные дороги.

¹ Д. Л. Тагеев. Использование соломы для колхозной и совхозной энергетики. „Социалистическое зерновое хозяйство“, № 5, 1934.

В сельском хозяйстве нередко можно встретить локомобиль, в котором сжигается солома. Сравнительно реже можно встретить газогенераторную установку. До Великой Октябрьской Социалистической революции газогенераторные установки были заграничного происхождения, главным образом немецких или английских фирм.

В настоящее время на мелких электростанциях, обслуживающих нужды сельского хозяйства, применяется тракторный двигатель, работающий на керосине. Однако это топливо, также как и нефть, не может получить широкого применения по указанным выше причинам. Нужды сельскохозяйственной энергетики могут быть полностью удовлетворены только с переходом на местное топливо при использовании его в газогенераторных установках с двигателями распространенных типов, как, например, тракторный двигатель Челябинского или Харьковского тракторного завода (ЧТЗ или ХТЗ).

По условиям работы сельскохозяйственных силовых установок мощность двигателя должна быть от 40 до 60 л. с. Двигатель должен иметь достаточно высокую полезность (к. п. д.). С этой точки зрения для сельскохозяйственных станций, работающих на газе, лучше всего приспособить стандартные двигатели, для чего необходимо повысить степень сжатия с 3,96 до 7,0, приспособить всасывающий коллектор для засасывания газа с воздухом и усилить зажигание.

В настоящее время для газогенераторных установок с двигателями ЧТЗ применяются древесный уголь и чурки. В мелких промышленных установках на стекольных и керамических заводах находит применение и торф.

Установка торфяного газогенератора с тракторным двигателем ЧТЗ при хорошо устроенной очистке газа приобретает для сельскохозяйственной энергетики особо важное значение в местностях, бедных лесом. Так как большинство торфов при газификации дает значительное количество смолы, в мелких установках следует всегда применять газогенераторы с обратным, нисходящим процессом.

В таблице 11 приведены величины, характеризующие работу газогенераторов на торфе и на некоторых других видах горючих. Из рассмотрения этой таблицы видно, что торф как топливо для газификации не уступает другим видам горючих и позволяет получать газ достаточно теплотворный и с достаточно высоким содержанием окиси углерода.

Нужно только иметь в виду, что при повышении степени сжатия до 6,5—7 мощность двигателя падает до 52—53 л. с., т. е. примерно на 10% (при 650 об/мин.)

В качестве примера на рис. 12 показан газогенератор прямого процесса для газификации украинского торфа в установках для нужд сельского хозяйства.

Таблица 11¹

Установка	Вид топлива	Состав газа в %						Теплотворная способн. газа кал/м ³
		CO ₂	O ₂	CO	H ₂	N ₂	CH ₄	
Газосиловая установка Деколенкова Д-7	Дрова (береза)	9,5	4,2	15,4	12,2	56,1	2,6	1028
Напеп 3	То же	11,4	0,6	18,4	16,1	50,5	3,0	1230
Газогенератор Наумова У-3	Древесный уголь	5,2	0,5	28,6	2,1	61,3	2,3	1124
Газогенератор Военно-технической академии (для двигателя ЧТЗ)	Древесный уголь. Смесь хвойных (70%) и лиственных (30%)	7,0	2,0	21,5	10,0	58,5	1,0	917
Газосиловая установка завода Герлиц (стационарная)	Торф	14,7	0,3	14,9	19,3	50,1	0,7	1028
Быковский стекольный завод	Украинский торф	4,8	3,3	18,6	8,3	57,7	7,3	1445
Бронницкий стекольный завод	То же	9,3	—	20,1	9,2	57,5	3,9	1210
Песковский стекольный завод	"	9,0	—	21,7	9,6	56,3	3,4	1229
Кобрянский стекольный завод	"	8,13	—	21,67	12,22	54,25	3,73	1321

Рациональное использование торфа в указанных целях зависит от следующих основных факторов:

- 1) качества торфа (теплотворной способности, зольности, влажности, прочности),
- 2) себестоимости на месте добычи,
- 3) дальности перевозки от места добычи до газогенераторной установки,
- 4) стоимости сооружения газостанции,
- 5) мощности установки.

Зольность и теплотворная способность торфа сильно колеблются по отдельным районам и местам добычи. Для малых тепловых установок можно принимать теплотворную способность торфа в 3800 кал/кг в расчете на сухую массу. При этом зольность не должна быть выше 15%.

¹ Эта таблица, как и другие числовые величины, взята из статьи И. Д. Букишпун и Б. М. Миронова („Энергетика“, № 3—4, 1937).

Для малых электростанций с расходом 300—600 т/год может быть применена ручная разработка местных торфяников. Расход торфа с теплотворной способностью 2500 кал/кг (по рабочему топливу) составляет для двигателя 2,5—3,0 кг/квт-ч, а для локомотива 5,5—5,8 кг/квт-ч.

В условном топливе это составит в среднем для газогенераторной установки 1,1 кг, для локомотива 2,1 кг.

Действительные расходы горючего, определенные по работе станций в 1935 г., в пересчете на условное топливо составляли в газогенераторных установках 1,2—2,1 кг, в установках с локомотивами 2,3—3,2 кг.

Полученный большой расход торфа определяется малым коэффициентом использования мощности оборудования (700—1600 часов/год) и плохим уходом за теплосиловым оборудованием. Нужно считать, что нормально сельскохозяйственная установка может работать в год не менее 2500 часов.

По данным работы 6 станций себестоимость выработанной энергии составляла для газогенераторных установок 40—45 коп. квт-ч, для локомотивных установок 56—63 коп. квт-ч.

Полная себестоимость 1 квт-ч по вновь проектируемым установкам, при расстояниях подвозки торфа к станции 0,5—3 км, определяется: для генераторных установок — 25—30 коп. квт-ч, для локомотивных установок — 35—48 коп. квт-ч.

Стоимость оборудования мелкой электростанции лежит в пределах 1000—1200 руб. за установленный киловатт, считая и постройку нового каменного здания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В краткой статье невозможно рассмотреть все виды местных топлив и все разнообразные способы их использования. Не рассмотрено использование отходов городского хозяйства, отходов и отходов многих производств (например, сульфитные щелоки, поддающиеся газификации), являющихся в ряде областей ценным местным топливом, и т. д.

Тем не менее из приведенного обзора главнейших видов имеющихся в стране местных топлив (особенно растительного происхождения) видно, что реальные запасы этих топлив, гибнущих без всякой пользы для народного хозяйства, очень велики.

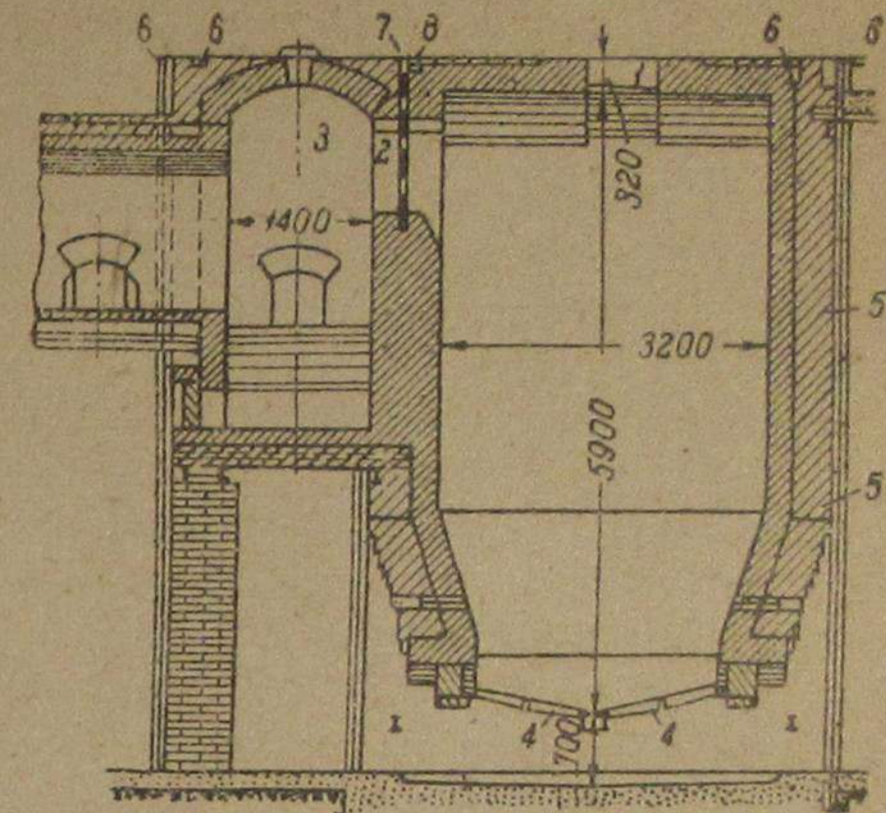


Рис. 12. Газогенератор прямого процесса для газификации украинского торфа.

Ясно поэтому, что вопросу использования, по существу, дарового топлива должно уделяться большее внимание и положение, существующее в настоящее время, не должно иметь места.

Для развития использования местного топлива необходимо проведение в жизнь ряда общегосударственных организационных мероприятий и большая инициатива работников на местах.

В частности, следует:

1) изучить и выяснить запасы всех видов местных топлив в СССР по областям и районам;

2) выяснить количества отходов и отбросов лесосечной древесины и отходов деревообрабатывающей промышленности;

3) установить количество отходов и отбросов сельскохозяйственных культур, обычно остающихся в поле;

4) определить количество отходов промышленной обработки сельскохозяйственных пищевых и технических культур;

5) выяснить по районам и областям, какие предприятия могут по роду производства использовать местные топлива (различные отходы и отбросы) в энергетических целях, и обязать эти предприятия в кратчайший срок перейти на указанные топлива;

6) организовать техническую разработку способов энергетического использования отходов и отбросов всех видов;

7) усилить внедрение в сухопутный и водный местный транспорт использования отходов древесины путем развития строительства газогенераторных установок для тракторов, автомобилей и судов речного флота;

8) усилить научно-исследовательскую работу по вопросам использования местных топлив как в стационарных, так и в передвижных установках всех видов;

9) форсировать развертывание промышленности по производству мелких установок, использующих местные топлива.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Виды местного топлива и их свойства	3
I. Отходы древесины и их использование в газогенераторах	4
1. Древесное топливо	4
2. Отходы леса, дераводобычи и деревообрабатывающей промышленности и их использование	5
3. Краткая характеристика отходов лесосечной древесины	7
4. Энергетическое использование отходов в промышленности	9
5. Использование местного топлива в газогенераторах	11
6. Газогенераторные установки для газификации дров, щепы и опилок	16
II. Использование отходов сельскохозяйственных культур и торфа в газогенераторах	25
1. Отходы сельскохозяйственных культур	25
2. Газификация соломы	27
3. Газогенераторы для мелких топлив	31
4. Газогенераторные установки малой мощности в сельском хозяйстве	34
Заключение	37

Отв. редактор инж. А. С. Синельников.

Техн. редактор М. И. Никитин.

Сдано в набор 21 февраля 1940 г.

Подписано к печати 11 марта 1940 г.

Учетно-авт. л. 3.

Печатных л. 2 $\frac{1}{2}$.

Бумажных л. 1 $\frac{1}{3}$.

Формат бумаги 60 × 92.

В 1 бумажном л. 97400 экз.

Леноблгорлит № 517.

Тираж 1000.

Заказ № 550.