

**ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ**

**СЕЛЬСКОГО  
ХОЗЯЙСТВА**



**ВИЭСХ**

**ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОГО  
ХОЗЯЙСТВА**

**1935**

**ОГИЗ - СЕЛЬХОЗГИЗ**

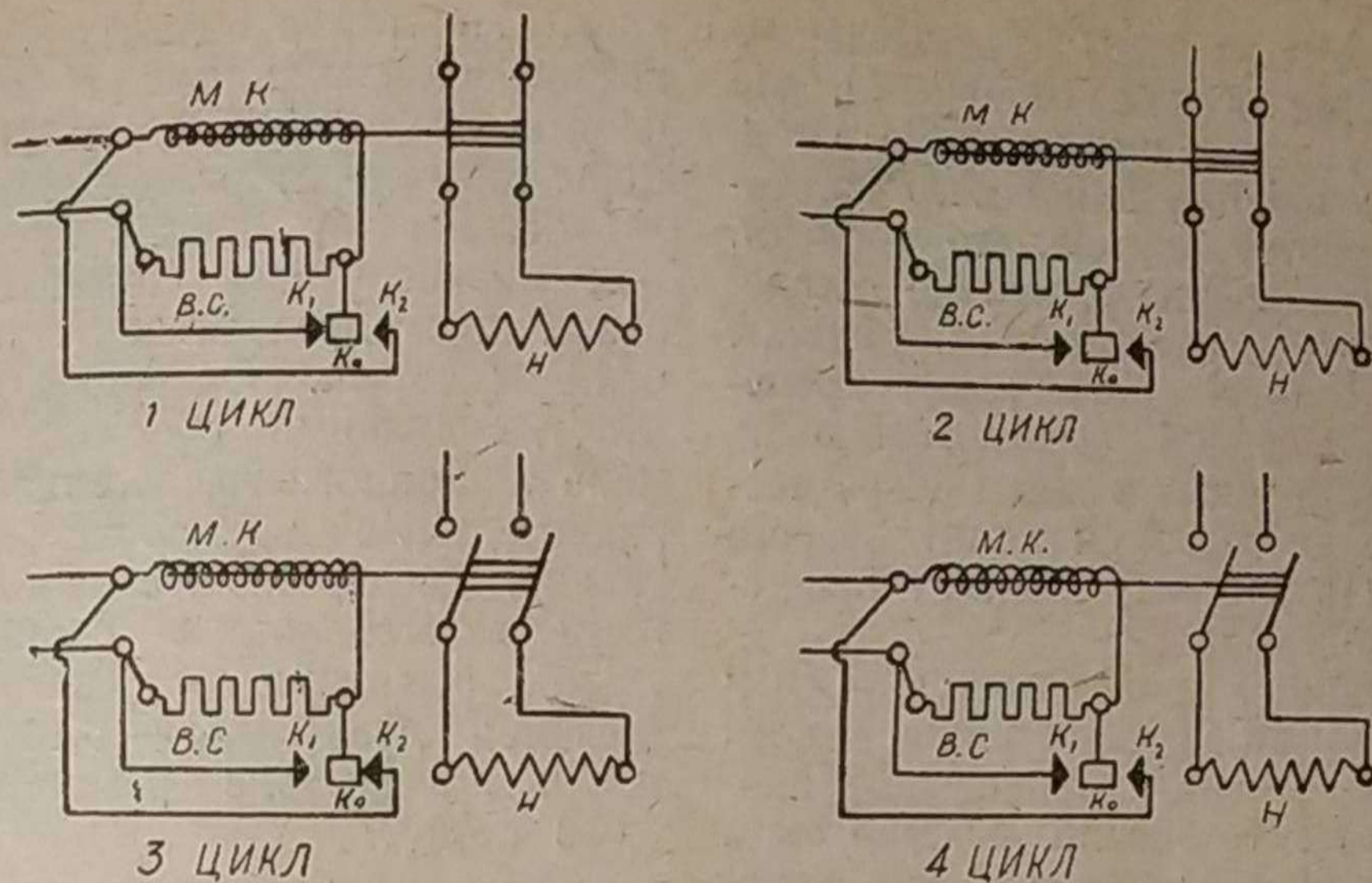


Рис. 19. Схема соединений нагревательного устройства с термокоммутатором с тремя контактами

ных выключений и включений будет устранена, несмотря на вибрации контактов. Первые две из разобранных нами схем коммутации, понятно, сами по себе ни в какой степени неустойчивости в работе контактора не исключают. На-

оборот, в случае третьей схемы неустойчивость устраняется, как это можно видеть из рассмотрения схем рис. 19. Это дает третьей схеме существенное преимущество перед двумя первыми.

## О ГАЗОГЕНЕРАТОРЕ НА СОЛОМЕННОМ ТОПЛИВЕ

Проф. Д. Л. ТАГЕЕВ

Ленинградский филиал ВИЭСХа

Для развития совхозов и коллективных хозяйств первостепенное значение приобретает дешевая силовая энергия, которая может быть использована для разнообразных нужд производственного процесса. Не приходится доказывать, что работа тракторов на жидком топливе в связи с трудностями доставки этого вида топлива не только затруднительна сама по себе, но в целом ряде областей, удаленных от железных дорог, становится чрезмерно дорогой.

Выход из этого затруднительного положения, которое будет усиливаться с ростом тракторного и автомобильного парка, намечается в развитии газогенераторных установок как передвижного типа, так и стационарных, которые в виде небольших станций местного значения дадут энергию, необходимую для электрификации всей повседневной работы совхозов и колхозов. Но для обес-

печения работы газогенераторов передвижных или стационарных установок необходимо иметь такие запасы топлива, которыми можно располагать непосредственно на месте и в количествах, обеспечивающих все энергетические нужды как полевого, так и усадебного хозяйства. Таким топливом в сельском хозяйстве является солома, которой располагают в больших количествах области с зерновым направлением. Известно, что во многих районах запасы соломы настолько велики, что стога неиспользованной соломы остаются в полях, где и сжигаются. Применение соломы как топлива в топках локомотивов и в домашних печах давно известно и имеет достаточно широкое распространение, и все же большая часть соломы остается без употребления.

Солома как сельскохозяйственное топливо имеет преимущество перед всеми

видами других топлив растительного происхождения в том отношении, что запасы его возобновляются каждый год, тогда как древесина для своего восстановления требует длительного времени.

Локобилестроение у нас не обеспечивает полностью энергетические нужды сельского хозяйства СССР; так производство локобилей сосредоточено на одном лишь государственном Людиновском заводе, который к концу второго пятилетия (1933—1937) должен выпустить 4 505 локобилей.

Постановление правительства СССР об использовании местных видов топлива, имеющее в виду производственно-промышленные установки, должно быть целиком распространено на сельскохозяйственную промышленность, так как эта часть народного хозяйства в связи с развитием механизации сельскохозяйственных процессов, повышением бытовых нужд совхозных рабочих и колхозников потребует больших количеств топлива.

По предложению Ленинградского филиала ВИЭСХа по договору с Лесотехнической академией, автором этой статьи было предпринято исследование газогенераторного процесса на соломе и работы двигателя на газе из соломы. Работа была проведена в теплотехнической лаборатории Лесотехнической академии.

Объем исследования был определен заданием, данным ВИЭСХом. Настоящее исследование преследовало цели практического применения соломы в газогенераторах, а потому были намечены для выяснения следующие вопросы:

1. Исследование течения и устойчивости процесса в газогенераторе.
2. Определение основных параметров: качество газа (его теплотворность), расход топлива и выход газа, расход газа в двигателе.
3. Переход с прямого процесса на обратный.
4. Изучение эксплуатационных особенностей ведения газогенераторного процесса на соломе.
5. Исследование условий обратного охлаждения.

Основная установка задания такова: использование соломы в газогенераторе без применения дорогостоящих подготовительных «способов обработки соломы».

Для испытания была применена ржаная солома из одного пригородного кол-

хоза. Испытание соломы для ее газификации производилось в газогенераторе фирмы Гумбольдт Дейтц (Кельн)<sup>1</sup>. Размеры газогенератора показаны на рис. 1.

Газогенератор Дейтца предназначается для низкосортных топлив: древесины, различных древесных отходов, бурого угля и торфа. Совершенно очевидно, что газификация соломы, как топлива мало теплоплотного, должна представлять значительные трудности. И действительно: удельный вес заполнения дрывами газогенератора составляет 0,204 кг/дц<sup>3</sup>, то же при загрузке отходами лесосечной древесины — 0,137 кг/дц<sup>3</sup>, то же при загрузке резаной соломы — 0,036 кг/дц<sup>3</sup>.

### 1. Характеристика соломы

Солома до загрузки в газогенератор подверглась резке на куски длиной от 7 до 10 см. Сопоставление удельных весов заполнения газогенератора указывает, что вес соломы в шахте газогенератора составляет 26% по отношению к заполнению древесными отходами и 18,6% к древесине, и это обстоятельство приводит к необходимости весьма часто подавать солому в газогенератор. Поэтому при устройстве специального газогенератора для газификации соломы необходимо прежде всего предусмотреть автоматическую и непрерывную подачу соломы.

Величина теплотворности, влажности и зольности применявшейся соломы собраны в следующей таблице:

Таблица 1

Время сжигания	Теплотворность (верхнее значение) кал/кг	Влажность	Зольность	Теплотворность (нижнее значение) кал/кг
19/IV 1934 г. . . . .	3 963	20,2	4,5	3 526
23/IV . . . . .	3 846	30,4	4,06	3 348
5/V . . . . .	4 270	30,4	4,00	3 772
23/V . . . . .	4 411	12,4	5,00	4 022

Различие полученных значений объясняется тем, что доставленная солома отличалась по своим качествам даже в пределах одной «охапки».

<sup>1</sup> Описание см. «Электрификация сельского хозяйства» № 5 сентябрь — октябрь 1933 г.

Наглаз можно было отделить солому тощую и солому плотную; особенно отличалась своей добротностью (плотностью и твердостью стеблей) солома испытанная в период с 5 мая по 23 мая. Влажность соломы колебалась от 12,4 до 30,4%. Зольность — в среднем 4,39%.

Элементарный анализ средней пробы соломы показал содержание: углерода (C) — 42,5%, водорода (H) — 5,7%, кислорода и азота (O + N) — 48,2% и зольность 3,6% — по отношению к абсолютно сухой соломе.

Эта солома была подвергнута анализу на содержание ангидрида кремневой кислоты ( $\text{SiO}_2$ ) и полуторных окислов

( $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ ), при этом кремневой кислоты оказалось ( $\text{SiO}_2$ ) — 44,28% и полуторных окислов ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ ) — 8,96%.

Окись кремния и окись алюминия отличаются высокой температурой плавления.

Для определения зольности образцы соломы сжигались при температуре 700—800° в платиновом тигле; при дальнейшем повышении температуры зола, полученная при сжигании соломы, сплавлялась при температуре 1000—1200°.

В нижеследующей таблице приведены результаты анализов сухой перегонки соломы<sup>2</sup>.

Таблица 2

## Сухая перегонка рубленой ржаной соломы

Выход (в процентах от веса абсолютно сухой соломы за исключением всего дистиллата) \*

№ п/п	Влажность	Вес дистиллата	Безводн. осадочной смолы	Безводн. раств. смолы	Уголь	Газ	Древесный спирт	Ацетон	Уксусная кислота	Муравьиная кислота
1	18,18	49,42	—	3,75	36,97	25,38	1,10	0,15	4,26	0,81
2	15,22	46,40	—	3,19	34,81	28,32	0,99	0,14	3,70	—
3	15,00	50,20	—	3,40	35,16	23,30	1,15	0,14	3,98	—
	Среднее.	—	—	3,44	35,64	25,62	1,08	0,14	2,98	—

\* Загрузка составляет от 3 до 3,5 кг. Гонка продолжалась 4—4,5 часа и оканчивалась при температуре около 470° Ц. Жижка очень быстро меняла на воздухе свой цвет и делалась совсем темнокоричневой. Осадочной смолы почти совсем не получалось. Судя по цвету порошка, в жижке заключалось много альдегидов.

При сопоставлении результатов сухой перегонки соломы и древесины необходимо отметить, что содержание уксусной кислоты в среднем почти на 4% (3,98%) больше, чем в древесине хвойных пород (сосна — 3,5%, ель — 3,19%) и меньше, чем в березе (7,08%). Содержание уксусной кислоты в соломе представляет промышленный интерес, и в больших газогенераторных установках может представиться выгодным извлечение этой кислоты. Все лиственные породы содержат довольно значительное количество осадочной смолы — в среднем около 9%, тогда как солома содержит только растворимую смолу.

## 2. Работа газогенератора при прямом процессе

Первые испытания газогенераторов были проведены прямым процессом, в

котором газификация соломы производится при движении потока газов вверх от колосниковой решетки с пропуском воздуха через поддувало в зольник при закрытых штуцерах на боковой поверхности генератора. Затем газ проходит через пылеуловитель в смолоотделитель, где отмываются смолы в центробежных промывателях; далее газ проходит через мокрый очиститель и сухой очиститель, заключенный в одном цилиндрическом корпусе с первым. Оба очистителя заполнены коксом.

Газогенератор был растоплен дровами, и шахта доведена до надлежащего накала; затем загрузка соломы производилась в генератор небольшими ящиками с чистым весом соломы 1,2—1,5 кг.

<sup>2</sup> Перегонка произведена в лаборатории проф. Ногина.

В заполненную соломой шахту для получения газа было произведено дутье, через 4—5 минут газ заполнил газогенератор, систему очистителей, и двигатель был пущен в ход. Необходимо отметить, что газ, полученный в генераторе из соломы, добывается быстрее, чем из древесины, и двигатель пускается легче и скорее, чем на газе из древесных отходов. По нескольким наблюдениям оказалось, что продолжительность раздувки газогенератора с загрузкой шахты соломой от раскала ее дровами до получения газа дутьем не превышает 5—10 минут. При прямом процессе двигатель работал вполне надежно и устойчиво, т. е. нормальное число оборотов двигателя 440—445 не изменялось. Однако процесс в газогенераторе на соломе по сравнению с ходом генератора на дровах, представляет ряд особенностей, которые требуют особо тщательного наблюдения и изучения для возможности управления процессом получения газа. При доброкачественности газа, хотя и невысокой теплотворности (газ прозрачно-голубой, чистый, без всякой желтизны и при большой высоте пламени на пробном кране — 350 мм), все же двигатель останавливается через 15—40 минут. Такие остановки объясняются тем, что солома в генераторе ложится толстым слоем, который, при влажности соломы (20—30%), с выделением смол, в поясе сухой перегонки, закупоривает шахту, т. е. затрудняет проход газа вверх, вследствие чего двигатель отсасывает запас газа в трубопроводе, а поступление новых порций газа запаздывает. Под слоем соломы, склеенном смолой, образуется полость, где выгорают солома из-за отсутствия свежих порций. Воздух, который просасывается внизу газогенератора через дутьевой воздухопровод (см. рис. 1), прорывается внутрь генератора и газ разжижается. Вот почему и происходит остановка двигателя. Для устранения этих явлений необходимо частое шурование соломы через боковые штуцерные отверстия и прокладывание слоя сверху через питатель, а также загрузка соломенной резки небольшими порциями. При прямом процессе зольник должен быть закрыт для уменьшения притока воздуха, так как солома сама по себе вносит в шахту большое количество воздуха. Стебель соломы представляет полый цилиндр, заполненный

воздухом. При малой древесиномкости с большим относительным содержанием воздуха солома, даже в нарезанном состоянии, все же требует для газификации еще предварительного уплотнения хотя бы простым мятьем в вальцах. Такое разминание уничтожит воздушные полости и уплотнит солому, что увеличит удельное содержание ее в единице емкости газогенератора. Конечно предварительное брекетиrowание соломы явилось бы еще более полезным для проведения процесса газификации, но применение этой подготовительной операции было устранено из нашего задания.

При внимательном наблюдении за процессом и тщательном и быстром выполнении шуровки горение (см. рис. 1) происходит на уровне пояса № 2 и редко поднимается до пояса № 3, так что колебания слоя раскаленного топлива надо считать от уровня 390 до 550 мм над колосниковой решеткой. Но и последнее поднятие пояса горения до высоты 550 мм следует считать признаком неблагоприятным, так как возможно уменьшение пояса сухой перегонки с превращением газогенератора в печь. При незначительности по высоте от колосниковой решетки пояса горения — 230—390 мм — все остальное пространство шахты занято сухой перегонкой. Для удобства ведения процесса следующие испытания газогенератора на соломе велись при меньшей загрузке шахты. Высота столба соломы не превышала пояса № 6: при такой загрузке образование засмоленного слоя, мешающего газификации, прекратилось. Первое испытание газогенератора на соломе было проведено с двигателем без нагрузки. Затем испытания велись двигателем под нагрузкой на тормоз, на который постепенно подвешиваются грузы: сперва 1, а затем нагрузка увеличивается до 2, 3, 4 и 5 пудов. При последней нагрузке двигатель давал почти полную мощность 14,5 лш. сил при 435—440 оборотах. По заводским данным нормальное число оборотов 435. Во время работы число оборотов двигателя держится в общем устойчиво, хотя при загрузке топлива в шахту отмечаются некоторые колебания в сторону снижения, так как двигатель «чувствует» эту засыпку.

Для опыта два испытания были проведены при предварительной растопке и накаливании шахты соломой. Это ока-

залось вполне возможным, только продолжительность тепловой подготовки газогенератора потребовала больше времени, чем при растопке на дровах, а именно: от 2 до 3 часов; на растопку соломы ушло 30 кг.

В течение ряда проведенных испытаний солома имела среднюю влажность около 20%. Дальнейшие испытания были проведены при влажности соломы 30%. Однако при растопке влажной соломой получается бедный газ, о чем можно судить по цвету и величине пламени на пробной горелке. Двигатель пускается в ход, но вскоре останавливается, как только израсходован газ в газовом сборнике перед двигателем. Для пополнения запаса газа в трубопроводе необходимо сейчас же забрасывать в генератор новую порцию соломы, из которой выделяется много пара. Выделяющийся пар нужно удалить из газогенератора продувкой в выпускную трубу; получается бедный газ, и двигатель работает недолго, извлекая имеющийся запас газа. Опять необходима загрузка соломы, и все начинается снова. Для возможности использовать в генераторе сырую солому был принят следующий способ разводки и пуска генератора. Генератор был загружен дровами для растопки и получен газ из дров; на разогрев шахты и получение газа пошло 25 кг дров. После пуска двигателя шахту загружали соломой. Через 40 минут после пуска двигателя дрова выгорели полностью и в шахте была только солома.

При переходе в генераторе на солому двигатель работал устойчиво, развивал 14,09 п. л. с. и расход соломы оказался 1,11 кг/п. л. с. час. Число оборотов в среднем было 450, при кратковременных и небольших колебаниях — 447—445 оборотов. Эти колебания имели место при засышке соломы в шахту. Шахта была заполнена соломой полностью, и горение доведено до 6-го ряда штуцеров. Пояс горения во время работы двигателя поднимался до 5-го ряда штуцеров. Над колосниковой решеткой шло интенсивное горение. Можно предполагать, что при предварительном раскале шахты и пуске двигателя на газе из дров с дальнейшим постепенным переходом на солому создается благоприятный режим для работы на соломе, которая в шахте подсыхает и двигатель своим всасывающим действием помогает

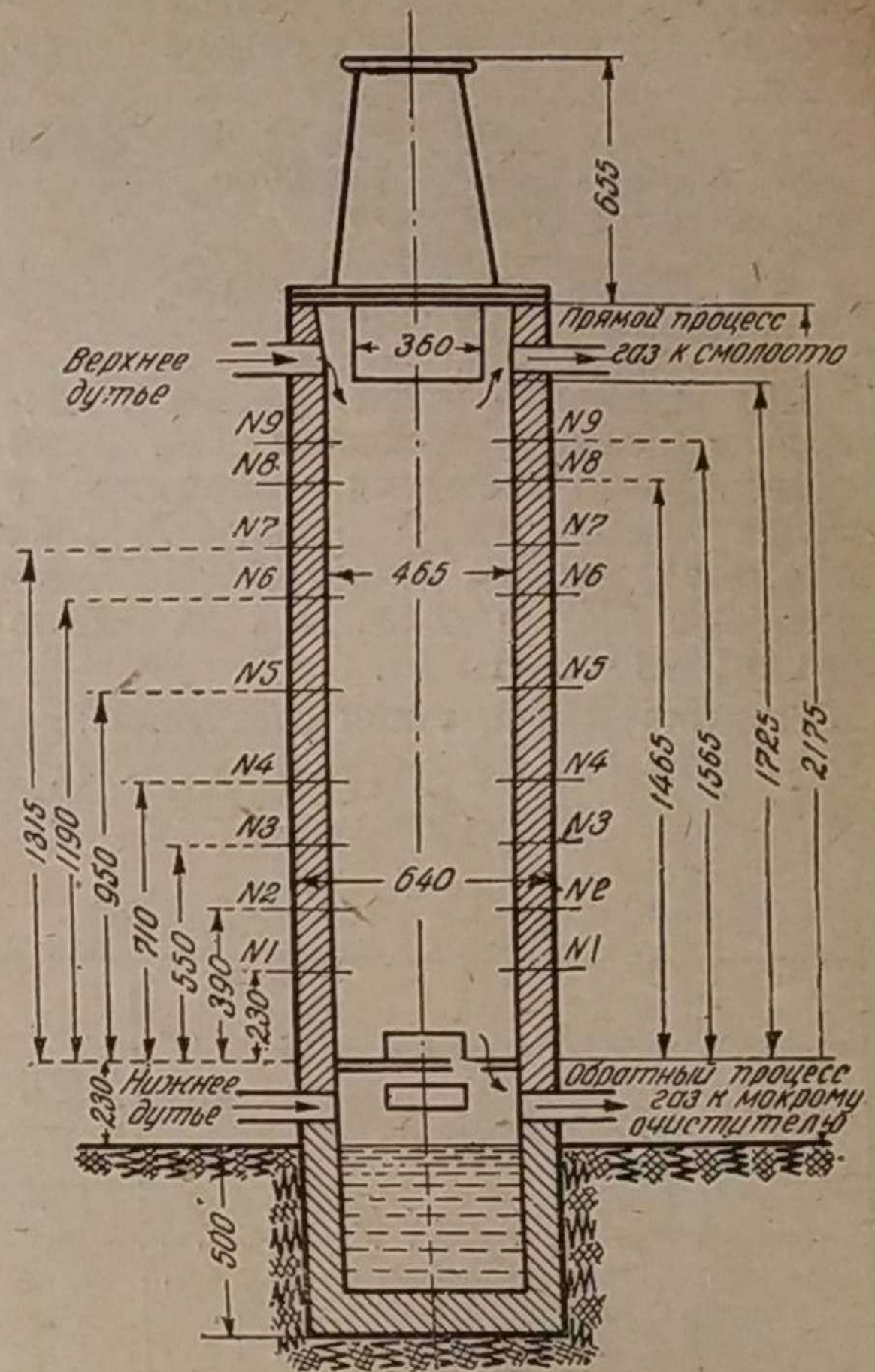


Рис. 1. Схематический разрез газогенератора. Верхнее дутье при обратном процессе. Нижнее дутье при прямом процессе № 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 и 9 —штуцера для шнуровки, взятия проб газа и изменения температур в шахте газогенератора

ее горению. Взятые пробы газа показали следующий состав:

Таблица 3

Место взятия пробы	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	Примечание
Перед двигателем . . .	11,4	3,6	27,4	1,6	8,6	Древ. газ
Перед двигателем . . .	5,4	7,0	17,5	5,9	2,3	Солом. газ

Вычисленная по формуле  $K_{раб} = 25,8 H_2 + 30,5 CO + 85,3 OH_4$  теплотворность древесного газа для взятых проб оказалась:  $K_{раб} = 1651$  кал/м<sup>3</sup>, теплотворность газа из соломы, взятого перед двигателем, была:  $K_{раб} = 856$  кал/м<sup>3</sup>. В последующих испытаниях проводился такой же способ разводки газо-

генератора дровами с переходом на солому. Результаты этих опытов следующие:

Расход газа . . . . . 2,86 м<sup>3</sup>/п. лош. сил час  
Выход газа из соломы 2,60 м<sup>3</sup>/кг  
Теплов. полезность двигателя

$$\eta \text{ т. дв.} = 100 \frac{632}{2,86 \cdot 856} = 25,8\%$$

При испытании газогенератора с двигателем прямым процессом 14/V были произведены измерения температур в шахте газогенератора: в поясе № 4 на высоте 710 мм над колосниковой решеткой было 500°, в поясе № 1 на высоте 230 мм — 1 000—1 100°.

Результаты испытания следующие:

Мощность двигателя п. лош. сил. час. . . . . 12,7  
Расход газа м<sup>3</sup>/час . . . . . 38,5

Расход соломы кг/час . . . . . 14,25  
Удельный расход газа м<sup>3</sup>/п. л. сил . . . . . 3,00  
Удельный расход соломы кг/п. л. сил. час. . . . . 1,12  
Тепловая полезность двигателя

$$100 \frac{632}{2,67 \cdot 812} = \dots 29\%$$

Среднее значение теплотворности соломы по таблице 1 кал/кг . . . . . 3 897

Полезность всей газогенераторной установки с двигателем —  $100 \frac{632}{1,12 \cdot 3 897} = 14,5\%$

Несоответствие газогенератора примененному топливу — соломе — должно отразиться на величине полезности его действия, которая оказывается недостаточной: так  $\eta$  газогенератора = 0,50, или 50%. Результаты анализа газов см. в табл. 4.

Таблица 4

Место пробы	С о с т а в					
	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>
Пояс № 4 . . . . .	11,6	1,5	20,0	0,8	7,8	58,8
Пояс № 7 . . . . .	8,2	1,8	21,8	1,1	7,5	59,6
Перед смолоотделителем . . . . .	17,2	0,4	5,0	—	9,44	68,0
Перед мокрым очистителем . . . . .	8,8	4,2	15,6	0,7	5,68	65,0
Перед двигателем . . . . .	5,8	4,6	16,6	0,6	3,4	66,8
После двигателя . . . . .	16,2	3,2	0,3	1,3	0,3	78,7

Пояс сухой перегонки в газогенераторе расположен от № 4 и выше до № 7, теплотворность газа в поясе № 4 — 1 265 кал/м<sup>3</sup>, в поясе № 7 — 1 333 кал/м<sup>3</sup> и перед двигателем — 811,8 кал/м<sup>3</sup> или 812 кал/м<sup>3</sup>. В этом испытании применялась сухая солома с влажностью 12,5%, после непрерывной и устойчивой работы двигателя в течение 3 часов двигатель остановился. Обращает внимание то обстоятельство, что, несмотря на закрытое поддувало и немного приоткрытый нижний дутьевой воздушный кран в газогенераторе, горение при закрытых штуцерах поднялось до 7-го пояса, т. е. на высоту 1 315 мм. Генератор превратился в печь. Такое изменение режима генератора должно быть объяснено следующими обстоятельствами: 1) сухостью соломы и 2) большим количеством воздуха, который содержится в стеблях соломы. При сооружении газогенератора для соломы необходимо предусмотреть подачу

воды непосредственно в пояс горения для регулирования температуры процесса, тогда будет возможно устранить повышение пояса горения в газогенераторе.

При большой влажности (30—40%) необходима предварительная подсушка соломы, но при сухой соломе необходима подача воды в газогенератор в пояс горения. Испытания показали, что наиболее выгодная влажность для соломы при газификации не должна превышать 18—20%. Для выяснения влияния предварительной растопки газогенератора дровами на расход газа было произведено испытание прямым процессом. Дров на растопку расходуется в час 24,5 кг, продолжительность растопки до пуска двигателя на древесном газе — 2 часа. Двигатель развивал 15,84 лош. силы при переходе на солому, число оборотов после перехода колебалось от 445 до 440. Испытание велось с зольником, закры-

тым полностью, при дутьевом кране, прикрытом наполовину.

Результаты испытаний сведены в следующую таблицу:

Таблица 5\*

Род топлива в газогенераторе	Время записи показаний манометра у диафрагмы	Показания манометра у диафрагмы вод. ст.	Расход газа			Средн. расх. газа м <sup>3</sup> п. л. с. час	Расход соломы кг/час	Уд. расх. соломы кг п. л. с. час	Выход газа м <sup>3</sup> /кг	Тепл. полезность	
			м <sup>3</sup> /час	м <sup>3</sup>	п. л. с. час					двигателя (в %)	газогенер. с установ. с двиг. (в %)
Дрова . . . . .	11 ч. 45 м.	12	37,4	2,36	} 2,18	—	—	—	—	—	
	12 » 50 »	9	32,4	2,00							
Солома с древесным углем на колосниках (перегоревшие дрова)	1 » 20 »	14	40,1	2,53	} 2,59	—	—	—	—	—	
	1 » 27 »	15	41,8	2,64							
Солома . . . . .	1 » 32 »	17	44,5	2,80	} 2,92	18	1,14	2,56	24	14	
	1 » 55 »	19	47,3	2,98							
	2 » 22 »	22	48,3	3,0							

\* Из таблицы видно, что расход газа на соломе превышает расход древесного газа на 24%, удельный расход соломы — 1,14 кг/п. лощ. сил час и выход газа из соломы — 2,56 м<sup>3</sup>/кг.

По произведенному газу, оказалось:

Место отбора газа	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>
Пояс № 7 . . . . .	10,1	1,3	18,8	0,8	6,1	62,9
Перед двигателем . .	7,0	4,0	18,0	2,2	3,4	67,6

из шахты, которая вскоре остывает и газообразование затрудняется, что приводит вследствие недостатка газа, разжиженного воздухом, содержащимся в соломе к остановке двигателя.

### 3. Работа газогенератора при обратном процессе

Теплотворность газа в поясе № 7 — 1109 кал/м<sup>3</sup> и перед двигателем — 896 кал. По этим значениям можно определить:

$$\eta_{дв.} = \frac{632}{2,92 \cdot 896} = 0,24, \text{ или } 24\%$$

$$\eta_{уст.} = \frac{632}{1,14 \cdot 3897} = 0,14, \text{ или } 14\%$$

Из испытаний, проведенных прямым процессом на соломе, можно сделать вывод, что газификация соломы в газогенераторе, спроектированном для древесного топлива, вполне возможна, но при предварительном раскале шахты на дровах и пуске двигателя на дровяном газе, с переходом на солому при влажности не выше 14—15%<sup>3</sup>. При более высокой влажности соломы работа в данном газогенераторе невозможна, так как сырая солома, при большом количестве заключенного в ее стеблях воздуха, по мере загрузки поглощает много тепла

После проведения работы газогенератора при прямом процессе и уяснения способов ведения процесса перешли к изучению обратного процесса. Обратный процесс в газогенераторе характеризуется движением газов сверху генератора вниз к колосниковой решетке и из-под нее по соединительной трубе из генератора в мокрый очиститель. При обратном процессе газы и топливо идут в одном направлении, перемещаясь параллельно.

Не останавливаясь на общем характере обратного процесса и его существенном отличии от прямого процесса<sup>4</sup>, необходимо отметить, что обратный процесс идет при открытых штуцерах для образования пояса горения примерно около половины высоты шахты — у поясов № 4 и 5. Обратный процесс протекает сложнее, чем прямой, а потому и ведение его требует особых наблюдений и особого изучения.

<sup>3</sup> Эти величины относятся к газогенератору в котором велись испытания.

<sup>4</sup> См. Д. Л. Тагеев — Газификация отходов лесосечной и лесопильной древесины. Гослестехиздат. 1933 г.



Испытания показали, что растопка генератора должна вестись так, чтобы температура шахты была доведена еще до загрузки соломы до 300—400° Ц. Поднятие горения в газогенераторе при растопке до пояса № 4 недостаточно, так как после загрузки соломы газ образует пламя желтого цвета, что указывает на значительное количество несгоревших смол. После того как в газогенераторе разогрев был усилен и пояс горения был поднят до пояса № 5 и затем до пояса № 6, работа двигателя протекала без перебоев. Необходимо отметить, что при горении, доведенном до пояса № 4 на высоте 710 мм над колосниковой решеткой, после перехода на обратный процесс через 25 минут произошла остановка двигателя вследствие засмоления густой смолой смесительного клапана в двигателе. Более сильный разогрев шахты дал лучшие результаты после 40 минут работы двигатель был остановлен и вскрыт его смесительный клапан, который свободно поднимался, хотя и был покрыт жидкой смолой. Двигатель продолжал бы работать исправно, если бы не был нарочно остановлен для осмотра клапана. Спустя 10 минут огонь в генераторе был раздут еще сильнее — до 6-го пояса после того двигатель работал без перебоев при полной нагрузке 15 л. сил. Двигатель проработал в течение 3 ч. 55 м. и был остановлен за окончанием рабочего дня.

Загрузка соломы при обратном процессе и ведение его совершаются так же, как и при прямом процессе. При одном из первых испытаний двигатель работал неровно, число оборотов снижается с 445—440 до 435, а иногда были случаи, когда число оборотов снижалось до 400. По ходу двигателя можно сделать заключение, что газ из генератора поступает «то богаче, то беднее». Это изменение состава газа может быть объяснено неравномерностью процесса в поясе горения, который при обратном процессе находится между поясом № 4 и № 5. Солома при движении вниз застревает в шахте, и под ней образуется пустота, которая заполняется воздухом, что способствует разжижению газа.

При засыпке соломы большим количеством процесс в газогенераторе затруднен, особенно во время сухой перегонки, над поясом № 5. Произведенное исследование процесса сухой перегонки соло-

мы в реторте показало, что солома, плотно набитая в решетчатый патрон, разлагается при нагреве только по поверхностному слою, а в середине патрона остается нетронутой даже при температуре свыше 400°.

Испытания показали, что при загрузке больших порций необуглившаяся солома бывает видна в поясе № 1, т. е. почти над колосниковой решеткой. При ведении обратного процесса для поддержания соответствующей температуры в поясе горения нужно регулировать подачу воздуха штуцерными заслонками. Газы, получающиеся при сухой перегонке в поясах, лежащих выше пояса № 5, несут с собой смолы, которые не разлагаются в поясе горения между поясами № 5 и № 4 и далее на пути к решетке по следующим причинам:

1) солома как весьма мелкокусковое топливо не сгорает полностью до зольного остатка в поясах ниже № 4, давая значительное скопление обуглившихся кусков, сохраняющих цилиндрическую форму, которые ложатся плотным слоем и понижают температуру в слое над решеткой;

2) смола, получающаяся при сухой перегонке, содержит исключительно растворимые смолы, которые испаряются при высоких температурах, но не разлагаются.

Вынесенные потоком газов, эти смолы с частицами водяного пара, содержащегося в газе, попадают в мокрый очиститель, где сжижаются, растворяясь в воде, и далее уносятся газами в каплеобразном состоянии с водой в сухой очиститель, откуда попадают в смесительную камеру двигателя.

Принятый при обратном процессе способ удержания неразложившихся смол устройством фильтрслоя на колосниковой решетке, состоящего из золы с асбестовой подстилкой, даже при небольшой толщине (в 2 мм асбеста и 3—4 мм золы) вместе со слоем обуглившейся соломы создает большое сопротивление засасыванию двигателем газа, что можно наблюдать по манометру, показывающему разрежение в трубе. Полное же снятие фильтрслоя привело к засмолению смесительного клапана в двигателе.

И хотя зола соломы плавится при температуре около 1 000—1 200°, — а такая температура имеет место в поясе № 1, —

однако в нижележащих слоях обуглившейся соломы температура понижается и там зола не плавится, так что застывание расплавленной золы над колосниковой решеткой не имеет места. Во время испытаний при обратном процессе был определен расход газа 3,4 м<sup>3</sup>/пол. л. с. час.

Последующие испытания газогенератора при обратном процессе были проведены при предварительной растопке на соломе. Пояс горения был поднят до

2 пуд.	мощность	5,25 л. с.	расход газа	4,9 м <sup>3</sup> /п. л. с. час
3 »	»	7,88 »	»	4,07 » » »
5 »	»	14,5 »	»	2,80 » » »

Интересные результаты дало испытание 4/IV — при обратном процессе. Шахта разогрета до 4-го ряда штуцеров, горение подымается до 5-го ряда. Двигатель

1 пуд.	2,76 п. л. с.	расход газа	15,7 м <sup>3</sup> /п. л. с. час
3 »	7,88 »	»	5,1 » » »
5 »	14,5 »	»	4,0 » » »

При нагрузке на тормозе в 5 пуд. двигатель стал сбавлять число оборотов с 440 до 410 вследствие возрастания скопления обуглившейся соломы на решетке. Была произведена проба применения наддува, т. е. подача газа от газогенератора при дутье пусковым вентилятором через верхний трубопровод (см. рис. 1 — верхнее дутье). Наддувка газа повысила число оборотов двигателя до нормального — 440 в мин. В течение этого испытания при полной мощности было израсходовано соломы 14,1 кг/час, что составит около 1 кг/п. л. с. час. После небольшого перерыва для осмотра клапана двигатель опять был пущен в ход. Шахта была раскалена до пояса № 6 и немного выше — на половине между поясами № 6 и 7. В газогенераторе высота слоя топлива до конца шахты, т. е. до нижнего края внутренней реторты. Газ получился чистый и светло-зеленого цвета. Двигатель был пущен в ход сразу. Нагрузка на тормозе 6 пудов при 445 оборотах, и двигатель развил мощность 15,5 п. л. с. полную мощность на газе и расход газа оказался 2,2 м<sup>3</sup>/п. л. с. час. После 1 часа 40 мин. устойчивой работы двигателя стало заметно снижение числа оборотов. Манометр за мокрым очистителем показал в трубе, подводящей газ, разрежение 120 мм затем 150 и наконец 240 мм. Дви-

№ 5, а солома была загружена до высоты в 1315 мм, так что пояс сухой перегонки и сушки занимали 360 мм. Засыпка топлива производится частая и небольшими порциями — от  $\frac{3}{4}$  до 1 кг. Регулирование пояса горения производится штуцерами, открывая их в поясе № 4 и 5. Двигатель работал при нормальном числе оборотов (440) с небольшим снижением до 435. Нагрузка двигателя на тормозе:

датель работает устойчиво. Двигатель развивает мощность при нагрузке на тормозе:

датель был остановлен и вскрыт смесительный клапан; клапан оказался покрытым черным водянистым налетом без каких-либо следов клейкости, которая создается смолой. Понижение числа оборотов нужно объяснить скоплением не перегоревшей до зольного остатка соломы на колосниковой решетке, которая создает сопротивление проходу газа. Если бы не создавался плотный слой внизу шахты, двигатель продолжал бы работать. Черная жидкость на клапане не имела влияния на засос газа, так как клапан легко отделялся от седла.

При испытании напряженность 1 м<sup>2</sup> поперечного сечения газогенератора была:

$$\frac{15,5 \cdot 2,2}{0,167} = 204 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ час,}$$

что необходимо признать чрезмерно большим.

Теплотворность газа, определенная при обратном процессе прибором Юнкера, оказалась изменяющейся от 800—850 кал/м<sup>3</sup>, в среднем можно считать от 825 до 830 кал. Проведенные испытания показали, что разложение смол при обратном процессе трудно выполнимо, а потому необходимо особо тщательно изучить вопрос очистки газа в газоочистителях мокрым и сухом. Если в мокром очистителе процесс промывки зависит от количества подаваемой воды, спосо-

ба ее разбрызгивания и пропуска через особую набивку, которой заполняется об'ем промывателя, то удаление смол и влаги в сухом очистителе сложнее. Способ, применяемый заводом Дейтц, который объединяет в одном корпусе мокрую и сухую очистку, как показали наши испытания, совершенно неудовлетворителен; сухой очиститель с набивкой коксом, поставленный фирмой Дейтц, недостаточен по об'ему и вовсе не отделяет смолы, унесенной из мокрого очистителя. После вскрытия сухого очистителя оказалось, что деревянная решетка между мокрым и сухим очистителем, а равно и кокс, несмотря на большое количество испытаний, не носила никаких следов смолы. Необходимо при проектировании газогенератора для соломы вернуться к ящичным сухим очистителям с большой поверхностью протекания газа через решетки, с набивкой опилками или другими материалами, легко поглощающими влагу и задерживающими смолу. Возможно применение ступенчатых очистителей, в которых газ проходит постепенно через особые поддоны со смолой, сообщаемые между собой при помощи трубчатых соединений.

Одно из последних испытаний было проведено для установления возможности перехода непосредственно с прямого процесса на обратный. Такой переход был воспроизведен в течение нескольких минут при нагрузке двигателя в 15,84 л. с. Были выключены пылеудалитель и смолоотделитель, и газогенератор переведен на непосредственное сообщение с мокрым очистителем при непродолжительной обстановке двигателя в течение нескольких минут.

При обратном процессе во время этого испытания расход газа оказался 4 м<sup>3</sup>/л. с. час; при прямом процессе смесительный клапан после остановки двигателя оказался чистым, но при обратном процессе был покрыт слоем черной невязкой жидкости. Несколько добавочных испытаний при обратном процессе показали, что после двух-трех часов работы неизбежно засмоление клапана.

#### 4. Выводы

На основании произведенного исследования газогенераторного процесса на соломе можно сделать следующие выводы:

1. Солома как топливо может быть применена для газификации при предварительной резке на куски — от 6 до 8 см.

2. По опыту можно полагать, что солома дает газ достаточно теплотворный; определение теплотворности по элементарному анализу газа и при помощи калориметра Юнкерса дает в среднем 830 кал/м<sup>3</sup>.

3. Растопка газогенератора вполне возможна на одной соломе, но такая подготовка газогенератора занимает много времени и для создания необходимого накала шахты требует много горючего.

4. Для устойчивости течения газогенераторного процесса необходимо предварительно растопить газогенератор на дровах, а затем после получения газа и пуска двигателя перейти на солому посредством постепенной загрузки шахты.

5. Для устойчивости процесса в газогенераторе необходимо загружать солому небольшими порциями и непрерывно, так как необходима механическая подача, в газогенераторе должны быть устроены приспособление для разрыхливания слоя топлива и механическое золоудаление.

6. Для вполне рационального использования в целях газификации 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 древесный, может иметь меньшую высоту, но большее поперечное сечение для того, чтобы солома ложилась более тонким слоем и нагрузка 1 м<sup>2</sup> поперечного сечения не была слишком высокой.

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 для уничтожения воздушных скоплений в стеблях соломы. Наличие воздуха в стеблях соломы делает двигатель особо чувствительным к подводу воздуха.

10. При обратном процессе для установления пояса горения по поясу № 4 и над колосниками необходимо подавать воздух в пояс горения в наименьшем количестве, в противном случае процесс горения распространится вверх по шахте.

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

12. Ввиду того, что в поясе сухой перегонки из соломы выделяются в большом количестве растворимые смолы, которые не могут быть удалены промывкой в мокром очистителе и в сухом очистителе обычной конструкции с коксовой набивкой, необходимо устройство особых очистителей для полного смолоудаления при обратном процессе, без чего работа этим процессом невозможна.

13. При принятом в наших испытаниях способе ведения прямого процесса в газогенераторе на соломе с предварительной растопкой на дровах и соответствующем режиме шахты, при наличии гидромеханического смолоотделителя и системы промывателя и сухого очистителя прямой процесс газообразования в генераторе на соломе и работа двигателя вполне устойчивы и надежны.

14. Применение оборотного охлаждения при работе газогенератора на соломе затруднено большим количеством растворимых смол в соломе, которые частью переходят в золу промывателя и загрязняют ее, трудно поддаваясь фильтрации.

15. При прямом процессе: расход соломы — 1,12 кг/п. л. с. час., расход газа — 2,92 м<sup>3</sup>/п. л. с. час, выход газа из соломы — 2,60 м<sup>3</sup>/кг.

Нагрузка колосниковой решетки:

$$\frac{15,84 \cdot 1,12}{0,167} = 106 \text{ кг/час на 1 кв. мм.}$$

Производительность газа на колосниковой решетке:

$$\frac{15,84 \cdot 2,92}{0,167} = 277 \text{ м}^3/\text{час на 1 кв. мм.}$$

16. При сборе с одного гектара 15 ц соломы, учитывая расход на с.-х. нужды и на раструску в размере 450 кг с одного га, для энергетических целей можно получить:

$$1\,500 - 450 = 1\,050 \text{ кг соломы}$$

Считая к. п. д. электрического генератора 0,9, получим удельный расход соломы, отнесенный к 1 квт часу на шинах, равным:

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

Следовательно, при газификации 1 050 кг соломы можно получить:

$$1\,050 : 1,82 = 576 \text{ квт/ч.}$$

## 5. Общий вывод

Для использования громадных запасов соломы как топлива для газогенераторных двигателей, обладающих всеми преимуществами, свойственными двигателям внутреннего сгорания перед локомотивными, паровыми двигателями, необходима дальнейшая углубленная проработка вопросов газификации и очистки газа, а в первую очередь — изготовление пробного экземпляра газогенератора, испытание которого указало бы дальнейшее и верное направление начатой исследовательской работы.

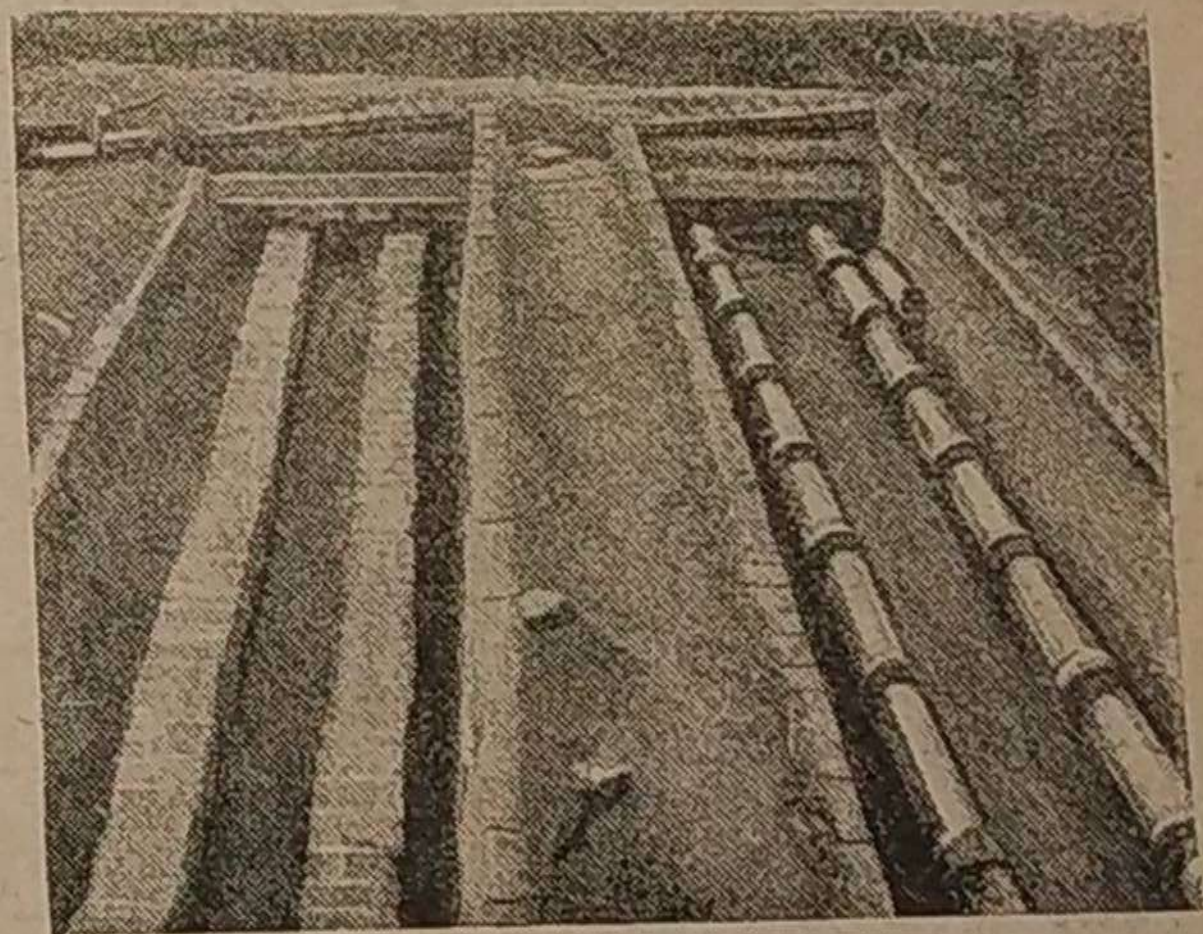


Рис. 1. Подземный обогрев теплиц при помощи гончарных труб

Тепловая полезность двигателя . . .	$\eta_{\text{м дв.}} = 25\%$
Тепловая полезность газогенератора . . .	$\eta_{\text{ген.}} = 60\%$
Тепловая полезность установки . . .	$\eta_{\text{м уст.}} = 15\%$