

МИНИСТЕРСТВО ТРАКТОРНОГО
И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ СССР

НАТИ

XXIV $\frac{71}{83}$

ВЫПУСК

13

**ГАЗИФИКАЦИЯ
И ОЧИСТКА ГАЗА
В ТРАКТОРНЫХ
ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ
УСТАНОВКАХ**

МАШГИЗ

МИНИСТЕРСТВО ТРАКТОРНОГО
И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ СССР

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТРАКТОРНЫЙ ИНСТИТУТ НАТИ

XXIV $\frac{71}{83}$

ВЫПУСК 13

ГАЗИФИКАЦИЯ
И ОЧИСТКА ГАЗА
В ТРАКТОРНЫХ
ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ
УСТАНОВКАХ

80888-81

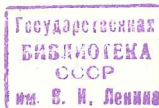


ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Москва 1956

В сборнике изложены результаты исследований в области газификации торфобрикетов и очистки газа в центробежных очистителях тракторных газогенераторных установок, а также материалы по испытаниям газогенераторных тракторов ГБ-58 и ГТ-58 на различных топливах.

Сборник предназначен для научных и инженерно-технических работников автомобильной и тракторной промышленности.



56-22308

Редакционная коллегия:

Ответственный редактор — директор НАТИ канд. техн. наук **С. И. АКОПЯН**

Зам. ответственного редактора — заместитель директора по научной работе
канд. техн. наук **Б. И. ГОСТЕВ**

Члены редколлегии:

Канд. техн. наук **А. В. ВАСИЛЬЕВ**, проф. **М. К. КРИСТИ**, проф. **Е. Д. ЛЬВОВ**,
инж. **О. М. МАЛАШКИН** и инж. **Н. Г. ЮДУШКИН**

Редакция литературы по автомобильному, тракторному
и сельскохозяйственному машиностроению

Зав. редакцией инж. **В. В. БРОКШ**

Инж. **М. Д. СТАРИКОВ**

ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫЕ ТРАКТОРЫ ГБ-58 И ГТ-58

В статье изложены результаты исследовательских работ по усовершенствованию газогенераторной установки и двигателя трактора ХТЗ-Т2Г. Дано краткое описание разработанных НАТИ совместно с СТЗ новых газогенераторных тракторов ГБ-58 и ГТ-58 (на базе трактора ДТ-54), работающих на твердых топливах различных видов (древесная чурка, торфобрикет, древесный уголь, полукочек и малозольный антрацит).

Приведены материалы по лабораторно-полевым и эксплуатационным испытаниям газогенераторных тракторов ГБ-58 и ГТ-58.

Несмотря на значительные запасы нефти в стране, экономия нефтяного топлива, потребляемого в народном хозяйстве двигателями внутреннего сгорания, остается одной из важных народнохозяйственных задач.

Наряду со специальными мероприятиями, эта экономия достигается также путем широкого использования заменителей.

Одним из способов экономии нефтяного топлива, который обеспечивает более рациональное использование всех топливных ресурсов нашей страны, является внедрение в народное хозяйство газогенераторных тракторов и автомобилей, работающих на различных видах местного твердого топлива.

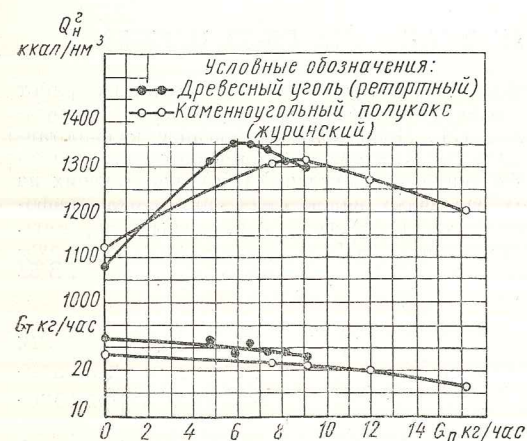
Однако выпускавшиеся ранее газогенераторные тракторы (ХТЗ-Т2Г и ЧТЗ-СГ65) были предназначены только для работы на древесных чурках. Это ограничивало область распространения газогенераторных тракторов. Кроме того, газогенераторные тракторы обладали недостаточными динамическими показателями и их нельзя было агрегатировать с сельскохозяйственными машинами, предназначенными для агрегатирования с тракторами СХТЗ-НАТИ и ЧТЗ-С65, так как двигатели газогенераторных тракторов имели мощность на 15—20% меньше, чем жидкотопливные двигатели этих тракторов.

В настоящее время первоочередной задачей в этой области является дальнейшее внедрение в народное хозяйство наиболее совершенных газогенераторных тракторов, газогенераторы которых обеспечивают повышение эффективности процесса газификации и позволяют использовать различные местные твердые топлива. Новые газогенераторные тракторы в отличие от существовавших

должны обладать такими же динамическими показателями и сроками службы, как и тракторы, работающие на жидком топливе.

Эта задача и решалась отделом Газогенераторных тракторов НАТИ. В основном работа велась по усовершенствованию трактора ХТЗ-Т2Г и по созданию нового типа газогенератора для этого трактора.

В результате исследовательских работ были подобраны параметры газогенератора трактора ХТЗ-Т2Г, обеспечивающие работу газогенератора на двух видах топлива: древесных чурках (любых пород древесины) и торфобрикетах. Значительно повышена изно-



Фиг. 1. Изменение теплотворности газа Q_n^2 и расхода топлива G_T в зависимости от расхода водяного пара G_n (газогенератор НАТИ-ГТ прямого процесса).

состоятельность камеры газификации, срок службы ее доведен до 2000 час. вместо 1000 час. до усовершенствования.

Одновременно с проведением работ по усовершенствованию трактора ХТЗ-Т2Г был разработан и всесторонне исследован новый газогенератор для тощих топлив (хорошо выжженный древесный уголь, полукокс и малозольный антрацит). Газогенератор для газификации тощих топлив работает по прямому процессу с паро-воздушным дутьем. Прямой процесс с подачей водяного пара в дутье выбран с целью получения высококалорийного газа, так как водяные пары, взаимодействуя с раскаленным углеродом топлива (по эндотермическим реакциям $C + H_2O = CO + H_2 - 31\,700$ ккал/моль и $C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2 - 21\,400$ ккал/моль), в значительной степени обогащают генераторный газ водородом. Кроме того, с подачей водяного пара улучшается стабильность процесса газификации, так как при протекании этих эндотермических реакций снижается температура в зоне горения, что благоприятно отражается на процессе шлакообразования. В этом случае шлак получается более пористый и в меньшем количестве, вследствие чего паро-воздушная смесь в шахте газогенератора распределяется более равномерно.

По опытам НАТИ теплотворность газа, получаемого в газогенераторе с подачей водяного пара, в зависимости от топлива повышается на 18—25% по сравнению с теплотворностью газа, получаемого в газогенераторе без подачи водяного пара.

Кривые изменения теплотворности газа и расхода топлива в зависимости от расхода водяного пара приведены на фиг. 1. Кривые

показывают оптимальные значения расхода пара: 6 кг/час для древесного угля и 8,5 кг/час для полукокса.

Для увеличения мощности газового двигателя Д2Г без изменения его основных параметров число оборотов коленчатого вала двигателя было повышено с 1250 до 1400 в минуту. Это дало прирост мощности до 5 л. с. Расчетными данными и длительными испытаниями двигателя на износ было установлено также, что износостойкость шатунно-кривошипного механизма находится в допустимых пределах.

Не менее важное значение для увеличения мощности двигателя имеет коэффициент наполнения двигателя, который зависит от состояния газа перед смесителем. Для увеличения коэффициента наполнения были приняты меры по улучшению охлаждения газа в установке и повышению давления перед смесителем путем уменьшения сопротивления прохода газа в агрегатах и трубопроводах установки.

С целью интенсификации процесса охлаждения газа двухходовой охладитель трактора ХТЗ-Т2Г был переоборудован в четырехходовой. Сравнительные исследования охладителей показали, что при установке четырехходового охладителя температура газа снижается с 250 до 60°, а при двухходовом — с 216 только до 100°. Сопротивление охладителя при этом повысилось незначительно и составляло всего 25 мм вод. ст.

Для грубой очистки газа был разработан новый циклон, улавливающий 85—90% проходящей через него пыли (два циклона трактора ХТЗ-Т2Г улавливают всего лишь 50—65% пыли). Вместе с этим новый циклон имеет меньшее гидравлическое сопротивление.

Вместо двухсекционного фильтра тонкой очистки газа был установлен односекционный (цилиндрической формы). В новом фильтре для улучшения очистки газа применен принцип глубокого барботажа, заключающийся в том, что весь газовый поток в фильтре пропускается через жидкость (через масло при работе на тощих топливах и через воду при работе на битуминозных топливах).

Проведенные исследования показали, что новый фильтр работает более эффективно, чем фильтр трактора ХТЗ-Т2Г.

В результате работ по усовершенствованию газогенераторного трактора ХТЗ-Т2Г и созданию газогенераторов новых типов удалось повысить мощность двигателя Д2Г на древесных чурках, торфобрикете, полукоксе и антраците до 50 л. с. и на древесном угле — до 55 л. с.

В связи с прекращением производства керосинового трактора АСХТЗ-1ТА (на базе которого был создан газогенераторный трактор ХТЗ-Т2Г) и переходом на производство дизельного трактора ДТ-54 НАТИ начал работы по созданию новых газогенераторных тракторов на базе трактора ДТ-54.

Материал проведенных исследований по усовершенствованию газогенераторного трактора ХТЗ-Т2Г был широко использован при проектировании новых газогенераторных тракторов.

Разработанные в НАТИ рабочие чертежи двух газогенераторных тракторов были переданы (в 1950 г.) Сталинградскому тракторному заводу для изготовления опытных образцов. Один из них — ГБ-58 — предназначен для работы на битуминозном топливе (древесные чурки и торфобрикеты), другой — ГТ-58 — для работы на тощем топливе.

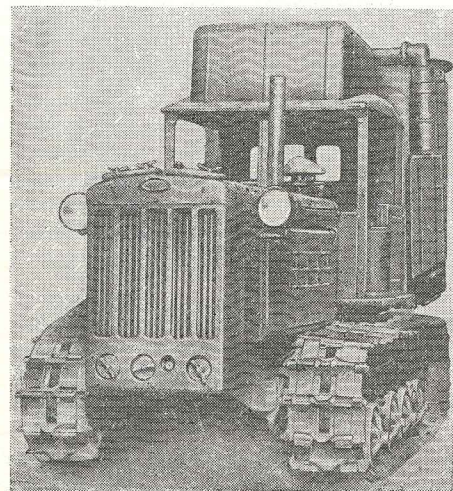
Общие виды тракторов показаны на фиг. 2—4, а принципиальные схемы их газогенераторных установок — на фиг. 5 и 6.

Основное различие газогенераторных установок заключается в том, что газогенератор ГБ работает по обращенному процессу,

а газогенератор ГТ — по прямому процессу газификации. Кроме того, у центробежного очистителя для тощего топлива в отличие от центробежного очистителя для битуминозного топлива имеется разъемный укороченный пылесборник и производится подогрев воздуха, поступающего в газогенератор. Остальные агрегаты охлаждения и очистки газа одинаковы и взаимозаменяемы для тракторов обеих марок.

Газогенераторный трактор ГБ-58 был описан в литературе ранее [1], поэтому в данной работе излагаются устройство, работа и процесс только газогенератора ГТ.

Газогенератор ГТ (фиг. 7) состоит из бункера, шахты,

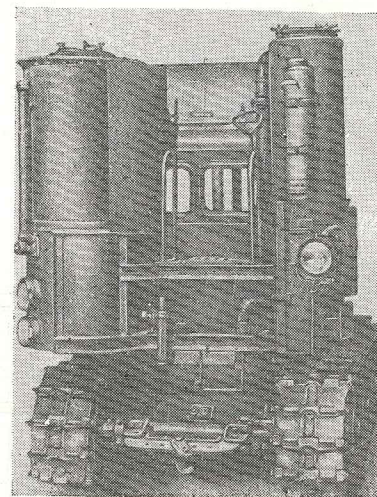


Фиг. 2. Общий вид трактора ГБ-58 слева.

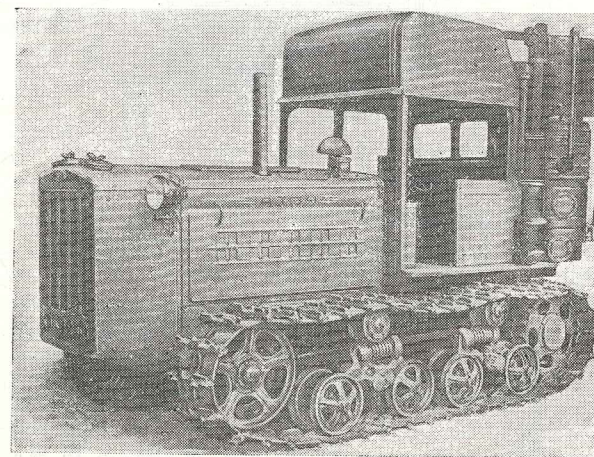
газоотборного устройства, колосниковой решетки и паро-водяной системы.

Шахта 7 представляет собой сварной цилиндр из листовой стали толщиной 5 мм. К верхней части ее при помощи фланцев присоединен бункер 3 с приваренным к нему баком 4 для воды, а к нижней приварено днище 16, имеющее квадратный вырез для колосниковой решетки 17. Для предохранения стенок шахты от перегрева на днище установлена керамическая изоляция 11.

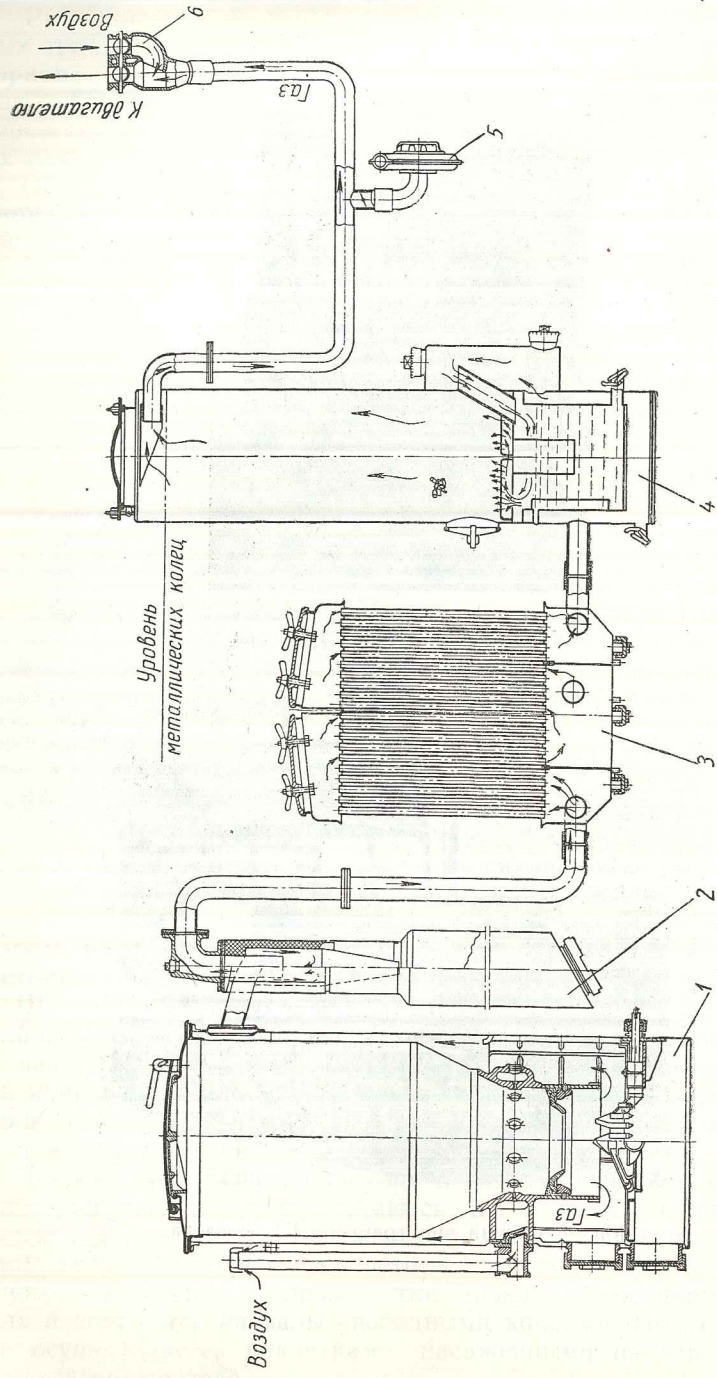
Колосниковая решетка состоит из прямоугольной литой опоры, в которой свободно поворачиваются два параллельно расположенных квадратных вала с насаженными на них колосниками. На каждом валу смонтировано по четыре колосника, причем колосники одного вала входят в промежутки между колосниками другого вала и опираются на валы свободными концами. Подъем колосников осуществляется рукоятками, насаженными на эти валы снаружи газогенератора.



Фиг. 3. Общий вид трактора ГБ-58 сзади.

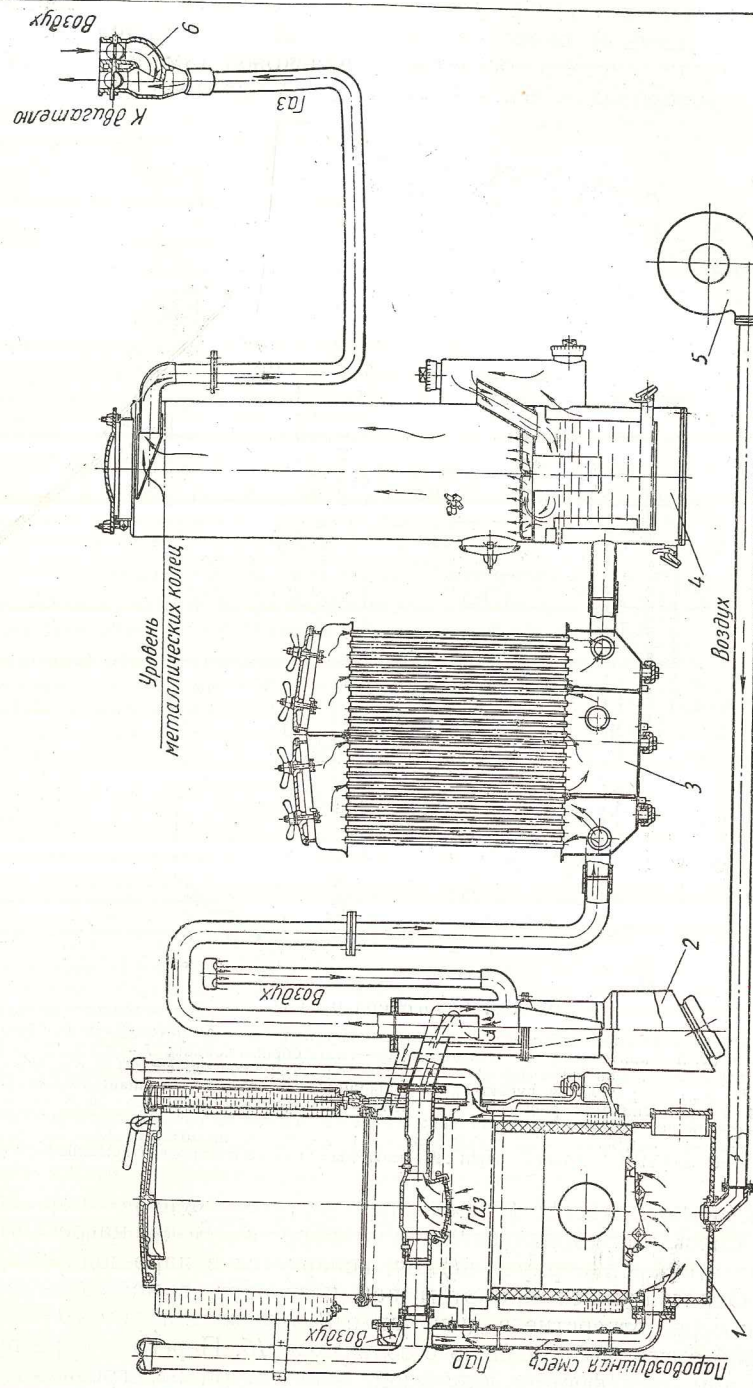


Фиг. 4. Общий вид трактора ГТ-58 слева.



Фиг. 5. Схема газогенераторной установки трактора ГТ-58:

1 — газогенератор; 2 — циклон; 3 — охладитель; 4 — фильтр тонкой очистки; 5 — вентилятор розжига; 6 — смеситель.

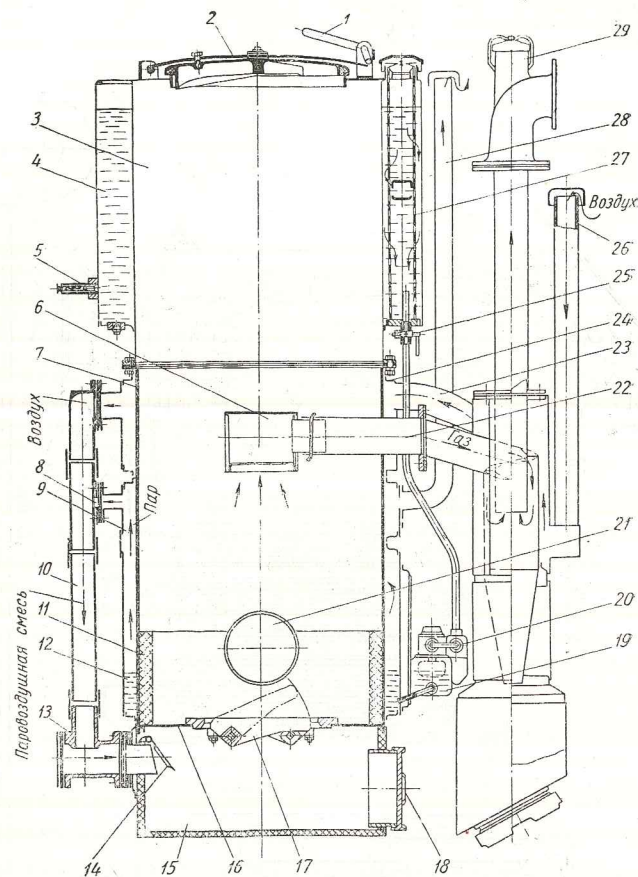


Фиг. 6. Схема газогенераторной установки трактора ГТ-58:

1 — газогенератор; 2 — циклон; 3 — охладитель; 4 — фильтр тонкой очистки; 5 — вентилятор розжига; 6 — смеситель.

Отбор газа из газогенератора производится через газоотборный колпак 6 с решеткой, расположенный в средней части шахты.

Паро-водяная система состоит из поплавковой камеры 19, фильтров 27, трубопроводов, бака 4 для воды, испарителя 12 воды и



Фиг. 7. Газогенератор ГТ:

1 — запорный рычаг крышки загрузочного люка; 2 — крышка загрузочного люка; 3 — бункер; 4 — бак для воды; 5 — контрольный кран для воды; 6 — газоотборный колпак; 7 — шахта; 8 — диафрагма для пара; 9 — пароперегреватель; 10 — труба паровоздушной смеси; 11 — керамическая изоляция; 12 — водонагревательная рубашка; 13 — тройник; 14 — обратный клапан; 15 — зольник; 16 — днище; 17 — колосниковая решетка; 18 — крышка зольникового люка; 19 — поплавковая камера; 20 — отстойник; 21 — разгрузочный люк; 22 — газоотборный патрубок; 23 — патрубок для воздуха; 24 — воздухоподогреватель; 25 — кран для воды; 26 — труба для воздуха; 27 — фильтр для воды; 28 — труба для выхода излишка пара; 29 — вытяжная труба с быстродействующим затвором.

пароперегревателя 9. Получение пара и приготовление паро-воздушной смеси происходит следующим образом. Вода, нагреваемая горячими стенками корпуса шахты, испаряется в паро-водяной рубашке. Образующийся при этом пар поступает в пароперегреватель 9 и через отверстие в диафрагме 8 входит в трубу 10 паро-воздушной смеси, соединенную с зольником 15. Перегрев пара происходит при атмосферном давлении; температура перегрева дости-

гает 300°. При повышении давления в перегревателе пар выходит в атмосферу через установленную на перегревателе трубу 28.

Воздух перед смешением с паром предварительно нагревается в кожухе циклона и воздухоподогревателе 24. Температура нагретого воздуха перед смешением достигает 130—150°. Поступающая под колосниковую решетку паро-воздушная смесь имеет температуру 150—180°. При такой температуре обеспечивается стабильность процесса газификации и повышается теплотворность газа.

Количество испаряющейся воды в паро-водяной рубашке регулируется поплавковым регулятором уровня в поплавковой камере.

Очистку зольника и шахты от отходов топлива и шлака производят через люки, имеющие чугунные резьбовые крышки 18.

Расположение газогенератора ГТ на тракторе такое же, как и газогенератора ГБ.

Три образца газогенераторных тракторов, изготовленных Сталинградским тракторным заводом, были представлены в конце 1950 г. на государственные испытания, основной целью которых являлось определение технической и эксплуатационной надежности газогенераторных тракторов.

Два трактора проходили испытания на битуминозных топливах: (древесные чурки и торфобрикеты), и один — на тощем топливе (древесный уголь). За время испытаний один трактор проработал на древесных чурках 2250 час., второй — на торфобрикете — 2050 час. и третий — на древесном угле — 1820 час. Сравнительно большой срок работы дал возможность изучить работу газогенераторных тракторов при различных температурах окружающего воздуха.

Осенне-зимние испытания тракторов проводились с ноября 1950 г. по март 1951 г. в Сталинградской области силами исследовательского отряда СТЗ. Летние испытания, проведенные государственными машиноиспытательными станциями Министерства сельского хозяйства СССР, проходили с мая по ноябрь 1951 г.

Температура воздуха в период осенне-зимних испытаний колебалась от +13 до -32°. Значительное время тракторы работали при отрицательной температуре и силе ветра до 4 баллов. Летние испытания тракторов проходили при температуре воздуха, колебавшейся в среднем за декаду от +13 до +19,5°.

Топливом для трактора, работающего на древесине, служили чурки различных пород. При зимних испытаниях применялись чурки из мягких пород древесины (сосна, ель), при летних — березовые чурки, а также смесь чурок из древесины твердых и мягких пород примерно в равных пропорциях. Влажность древесных чурок была в пределах 8—24% абс. Размер их не превышал 70 мм на сторону.

Для трактора, работающего на торфобрикете, был применен газогенераторный торфобрикет Тоотсинского завода размером 70 × 60 × 30 мм с влажностью до 13% и зольностью до 5,6%. Температура плавления золы составляла 1400—1500°.

Для трактора, работающего на древесном угле, во время зимних испытаний был использован уголь из древесины твердых пород, а летом древесный уголь, выжженный из сосновых пней.

В соответствии с программой испытаний газогенераторных тракторов были проведены тормозные испытания двигателей. Сравнительные динамические и экономические показатели двигателей по всем тракторам приведены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительные показатели двигателей газогенераторных тракторов ГБ-58 и ГТ-58

Трактор	Топливо	Работа двигателя в час.	Число оборотов вала двигателя в минуту	Средняя мощность двигателя в л. с. за три выката топлива в бункере	Расход топлива в кг		Расход вола на газификацию в кг/час	Разрежение перед смесителем в мм вод. ст.
					за 1 час	на одну л. с. ч.		
ГБ-58	Древесные чурки	350	1400	50,8	45,0	0,89	—	580
		1200	1400	50,9	42,1	0,83	—	600
		1250	1400	52,5	49,0	0,93	—	725
ГБ-58	Торфобрикет	320	1400	50,6	45,8	0,90	—	720
		1200	1400	51,2	49,6	0,97	—	825
		1750	1400	51,3	47,3	0,92	—	730
ГТ-58	Древесный уголь	350	1400	55,9	29,7	0,53	6,6	650
		1270	1400	57,0	25,3	0,44	5,5	520
		1300	1400	58,7	26,0	0,44	7,4	680

Из данных таблицы следует, что мощность двигателей и расход топлива оставались стабильными за все время испытаний и соответствуют показателям, гарантированным заводом.

Для выявления динамических показателей тракторов были проведены тяговые испытания тракторов. Испытания проводились машиноиспытательными станциями МСХ СССР.

Перед снятием тяговых характеристик тракторов двигатели их подвергали тормозным испытаниям. Результаты торможения двигателей приведены на фиг. 8, 9 и 10.

Динамометрирование проводили на почве, подготовленной под посев, на всех рабочих передачах. Данные динамометрирования газогенераторных тракторов приведены в табл. 2 и на фиг. 11, 12 и 13.

Тормозные и тяговые испытания газогенераторных тракторов показали, что:

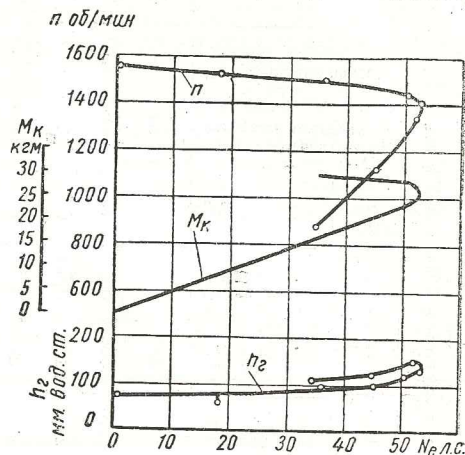
1) мощностные показатели тракторов соответствуют данным, гарантированным заводом (гарантированная мощность на валу двигателя 50 л. с., на крюке 32 л. с.), причем показатели трактора, работающего на древесном угле, значительно превышают гарантированные;

2) общий к. п. д. тракторов составляет 0,52—0,71 и является вполне удовлетворительным для работы на почве, подготовленной под посев;

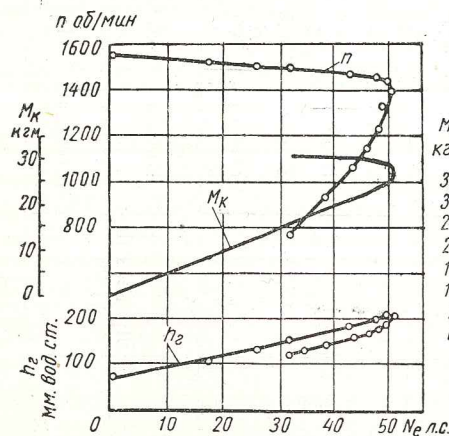
3) запас тягового усилия тракторов для преодоления временных возрастных сопротивлений почвы получен довольно высокий и находится в зависимости от передачи в пределах 1,06—1,21.

Следует отметить, что на плотной почве (стерня и т. п.) показатели тракторов могут быть получены более высокие.

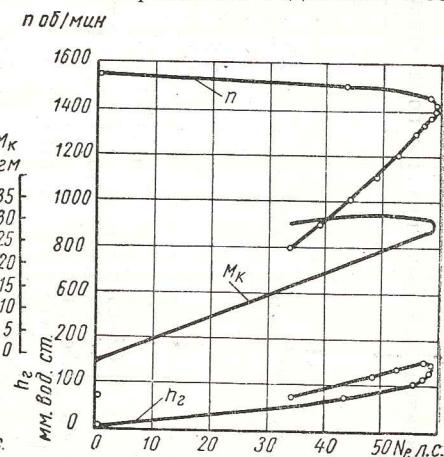
На Северо-западной машиноиспытательной станции испытания трактора ГТ-58 проводили одновременно с испытаниями дизельного трактора ДТ-54, на одном и том же поле и при помощи одного и того же динамометра, что дает возможность сравнить данные динамических показателей этих тракторов. В табл. 3 приведены основные тяговые показатели трактора ДТ-54 по данным Ленинградского отделения Все-



Фиг. 8. Регуляторная характеристика двигателя Г-58 после 2000 час. работы на генераторном газе, полученном из смеси древесных чурок.



Фиг. 9. Регуляторная характеристика двигателя Г-58 после 1700 час. работы на генераторном газе, полученном из торфобрикетов Тоотсинского завода.



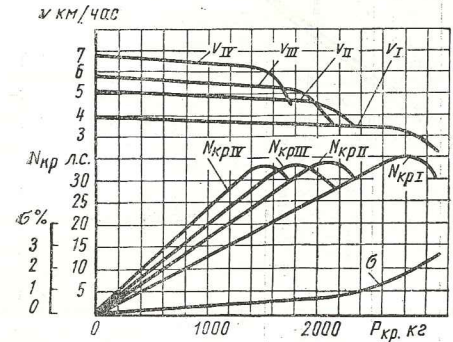
Фиг. 10. Регуляторная характеристика двигателя Г-58 после 1300 час. работы на генераторном газе, полученном из древесного угля.

союзного института механизации сельского хозяйства, полученные при испытаниях на почве, подготовленной под посев.

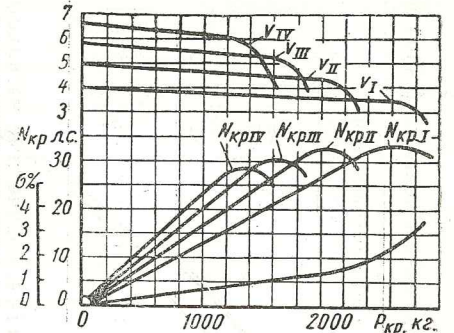
Сравнительные динамические показатели газогенераторных тракторов ГТ-58 и ГТ-54

Наименование машино-испытательных станций	Трактор	Топливо	Передача	При максимальной тяговой мощности				При максимальной тяговой мощности				Скорость трактора без нагрузки в км/час	Коэффициент запаса тягового усилия	К. п. д. трактора
				Тяговая мощность в л. с.	Тяговое усилие в кг	Скорость в км/час	Вязкость в %	Тяговая мощность в л. с.	Тяговое усилие в кг	Скорость в км/час	Вязкость в %			
Западная	ГТ-58	Смесь чурок из древесных пород	Первая	35,9	2820	3,44	1,8	—	—	3,84	—	0,68		
			Вторая	34,4	2060	4,50	0,8	32,8	2380	3,72	1,0	0,67		
			Третья	33,9	1770	5,18	0,7	29,0	2150	3,63	0,9	0,65		
			Четвертая	33,8	1500	6,12	0,6	31,3	1800	4,70	0,8	0,63		
Прибалтийская	ГТ-58	Торфобрикет	Первая	32,5	2700	3,25	2,7	31,2	2900	2,90	3,6	0,63		
			Вторая	32,7	2050	4,30	1,6	26,7	2250	3,20	1,8	0,64		
			Третья	30,5	1600	5,15	1,0	28,2	1900	4,00	1,2	0,60		
			Четвертая	28,7	1360	5,70	0,9	26,6	1600	4,50	1,1	0,56		
Северо-западная	ГТ-58	Древесный уголь	Вторая	42,0	2540	4,25	1,7	32,0	2680	3,20	2,0	0,71		
			Третья	36,2	1990	4,90	0,9	30,0	2190	3,70	1,0	0,61		
			Четвертая	31,0	1430	5,85	0,6	24,0	1600	4,05	0,8	0,52		

Из сравнения динамических показателей трактора ГТ-58 (табл. 2) с показателями трактора ДТ-54 (табл. 3) видно, что максимальная тяговая мощность трактора ГТ-58 при практически одинаковых поступательных скоростях не имеет резких отличий



Фиг. 11. Тяговая характеристика трактора ГТ-58, работающего на смеси из древесных чурок.



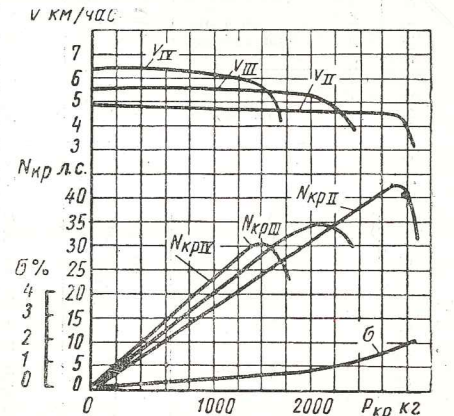
Фиг. 12. Тяговая характеристика трактора ГТ-58, работающего на торфобрикетах Тootсинского завода.

от максимальной тяговой мощности трактора ДТ-54. При работе же на второй передаче максимальная тяговая мощность трактора ГТ-58 даже выше, чем трактора ДТ-54. Правда, общий к. п. д. трактора ДТ-54 несколько выше, чем трактора ГТ-58. Снижение к. п. д. произошло из-за большей потери мощности, так как вес трактора ГТ-58 в заправленном состоянии на 700 кг больше, чем вес трактора ДТ-54.

При эксплуатационных испытаниях тракторы работали большую часть времени с плугом. Производительность тракторов определяли за час чистой работы, включая время, затраченное на повороты трактора и догрузку топлива в бункер газогенератора. Расход топлива определяли на 1 га пахоты и за час работы трактора. Удельный расход других материалов (бензина, масла) определяли как средний за час работы двигателя, исходя из общего расхода за все время испытаний.

Основные эксплуатационные показатели работы тракторов на пахоте приведены в табл. 4.

Из табл. 4 видно, что трактор, работающий на торфобрикетах, имеет по сравнению с трактором, работающим на древесных



Фиг. 13. Тяговая характеристика трактора ГТ-58, работающего на древесном угле.

Динамические показатели трактора ДТ-54, полученные при испытаниях на почве, подготовленной под посев

Наименование машинно-испытатель- ной станции	Топливо	Передача	При максимальной тяговой мощности				При максимальном тяговом усилии				Скорость трактора без нагрузки в км/час	Коэффициент запаса тягового усилия	К. п. л. трактора
			Мощность в л. с.	Тяговое уси- лие в кг	Скорость в км/час	Буксование в %	Мощность в л. с.	Тяговое уси- лие в кг	Скорость в км/час	Буксование в %			
Северо-западная	Дизельное	Вторая . . .	39,3	2400	4,43	4,0	38,2	2610	3,95	4,6	4,90	1,09	0,73
		Третья . . .	36,5	1980	4,96	4,6	33,2	2090	4,30	5,1	5,70	1,09	0,67
		Четвертая . . .	32,2	1450	6,00	1,3	31,7	1530	5,60	1,4	6,55	1,06	0,59

Средние показатели газогенераторных тракторов ГБ-58, ГТ-58 и ДТ-54, полученные на пахоте

Трактор	Топливо	Прицепное орудие	Тяговое усилие в кг	Производитель- ность в га/час	Расход топлива в кг			Расход воды на газификацию в кг/час	Расход за 1 час рабо- ты двигателя в кг	
					на 1 га	за 1 час работы двигателя	за 1 час работы двигателя под на- грузкой		бензина	масла
ГБ-58	Древесные чурки (смесь из разных пород)	Плуг П-5-35	1400—1700	0,73	62,0	24	46	—	0,11	0,45
ГТ-58	Торфобрикеты	То же	1500—1700	0,60	75,0	29	44	—	0,19	0,35
ГТ-58	Древесный уголь	"	1600—1800	0,76	38,0	18	25	6,5	0,28	0,40
	Полукокс ¹	"	1500—1700	0,70	35,0	—	24	8,5	—	—
	Малозольный антра- цит ¹	Плуг П-4-35 с пред- плужниками	1500—1700	0,64	33,0	—	21	10,6	—	—
ДТ-54	Дизельное топливо	Плуг П-5-35	1600—1800	0,74	15,3	—	11	—	—	—

¹ Показатели взяты из материалов испытаний НАТИ.

чурках, более низкую производительность и повышенный расход топлива на гектар пахоты. Это объясняется тем, что работа трактора на торфобрикетах проходила на полях с короткими гонами. Производительность трактора ГТ-58, работающего на древесном угле, и дизельного трактора ДТ-54 также несколько занижена. На снижение производительности обоих тракторов повлияло частое маневрирование скоростями, вызванное сильной засоренностью полей камнями. По этой же причине несколько завышены часовой расход топлива и расход топлива на 1 га.

При контрольных опытах на менее засоренных участках производительность трактора ДТ-54 доходила до 0,96 га/час, а расход топлива на 1 га снижался до 12,9 кг.

Контрольных опытов с трактором ГТ-58 не проводили, но по аналогии с опытными данными по трактору ДТ-54 можно заключить, что при работе трактора ГТ-58 на малозасоренных полях производительность его соответственно возрастает, а расход топлива уменьшается.

Эксплуатационными испытаниями установлено, что все тракторы обладают достаточной приемистостью. При пахоте пятикорпусным плугом трактор после стоянок до 10 мин. при двигателе, работающем на средних оборотах, трогался с места довольно плавно, причем работа двигателя не прерывалась.

В оценке целесообразности применения различных видов топлив большое значение имеет себестоимость эксплуатации трактора. Одной из основных статей, определяющих экономичность эксплуатации, является затрата на топливо. По этой статье расхода для тракторов с различными силовыми установками ниже приводится сравнительный расчет.

Как известно, в сельскохозяйственном производстве все расчеты себестоимости тракторных работ ведутся по отношению к гектару мягкой пахоты. Зная расход топлива на 1 га и стоимость топлива, нетрудно подсчитать себестоимость пахоты по этой статье расхода.

Стоимость одной тонны топлива в рублях по расценкам 1954 г. составляет:

Дизельное топливо	317
Древесные чурки	254 *
Торфобрикет	100
Древесный уголь	200
Полукокс	100
Антрацит АМ	124

Исходя из стоимости топлива и приведенных в табл. 4 расходов топлива, получаем сравнительные данные по стоимости топлива, расходуемого на 1 га мягкой пахоты различными тракторами. Эти данные приведены в табл. 5.

Как видно из таблицы, наиболее выгодным с точки зрения стоимости топлива является полукокс.

* По данным Западной (Белорусской) МИС.

Сравнительные данные по стоимости топлива, расходуемого на 1 га мягкой пахоты различными тракторами

Марка трактора	Топливо	Стоимость топлива в руб/т	Расход топлива в кг/га	Стоимость топлива в руб/га	В % к дизельному топливу
ДТ-54	Дизельное	317	15,3	4,85	100
ГБ-58	Древесная чурка	254	62,0	15,75	325
	Торфобрикет	100	75,0	7,50	154
ГТ-58	Древесный уголь	200	38,0	7,60	157
	Полукок	100	35,0	3,50	72
	Малозольный антрацит	124	33,0	4,10	84

Затраты на топливо при работе трактора на полукоксе на 28% меньше, а на древесных чурках на 225% больше, чем затраты на топливо для дизельного трактора ДТ-54. Однако в отношении древесных чурок необходимо отметить, что приведенная выше стоимость их не является строго установленной, так как она имеет местное значение для одного из районов Белорусской ССР. В других районах страны, где может быть применена в широких масштабах механизированная разделка и сушка древесных чурок, стоимость их будет значительно ниже и затраты на топливо (с учетом расходов на транспортировку жидкого топлива) могут быть не выше, чем для трактора, работающего на жидком топливе.

С целью определения расхода топлива при работе трактора без нагрузки (на месте и в движении) и времени работы на одной заправке бункера были поставлены специальные опыты. Данные опытов показывают, что за час работы на месте двигатель трактора ГБ-58 расходует (как древесных чурок, так и торфобрикетов) 5 кг, а трактор ГТ-58 4 кг древесного угля. За час пробега трактора ГБ-58 без нагрузки на пятой передаче расходует 20 кг, а трактора ГТ-58 12 кг угля.

Продолжительность работы трактора на одной заправке бункера древесными чурками при нагрузке на крюке 1400—1600 кг на третьей передаче составила 1,5 часа; трактора, работающего на торфобрикетах, при нагрузке 1500—1700 кг 3 часа и трактора, работающего на древесном угле, при нагрузке 1600—1800 кг 1,5 часа.

Средняя продолжительность розжига топлива в газогенераторе и пуска двигателя на генераторном газе составляла: для трактора, работающего на древесных чурках, 7,7 мин.; на торфобрикете 6,1 мин.; на древесном угле 8,2 мин.

Для установления износов деталей газового двигателя в начале и конце испытаний был проведен их микрометраж. Максимальные износы в зависимости от количества проработанных часов основных трущихся деталей приведены в табл. 6 и 7.

Таблица 5

Таблица 6
Максимальные износы гильз, поршней, колец, клапанов и их втулок двигателей Г-58 тракторов ГБ-58 и ГТ-58

Наименование детали	Топливо, на котором работает трактор						Максимальный износ в мм
	Древесные чурки (трактор ГБ-58)		Торфобрикет (трактор ГБ-58)		Древесный уголь (трактор ГТ-58)		
	Количество часов, отработанных деталей	Максимальный износ в мм	Количество часов, отработанных деталей	Максимальный износ в мм	Количество часов, отработанных деталей	Максимальный износ в мм	
Гильзы цилиндров	2252	0,27	2052	0,30	1818	0,22	
							Под нагрузкой
Клапаны	1729	0,05	2052	0,07	1200	0,04	
							Всего
Втулки клапанов	1729	0,14	2052	0,15	1200	0,10	
							Под нагрузкой
Поршни	2252	0,10*	1715	0,04*	1818	0,10*	
							Всего
Поршневые кольца компрессионные	2252	3,5**	1715	3,50**	1818	3,10**	
							Под нагрузкой
Маслосбрасывающие кольца	1240	5,80**	1202	4,30**	1268	6,10**	
							Всего
То же	1012	5,40**	513	3,00**	550	3,50**	

* Износ канавок поршня. ** Зазор в стыке колец.

Таблица 7
Максимальные износы и овальность поршневых пальцев, втулки верхней головки шатуна, коренных и шатунных шеек и их подшипников двигателей Г-58 тракторов ГБ-58 и ГТ-58

Марка трактора	Топливо	Максимальный износ и овальность в мм													
		Количество часов, отработанных деталей		Поршневого пальца		Втулки шатуна		Коренных шеек		Коренных подшипников		Шатунных шеек		Шатунных подшипников	
		Всего	Под нагрузкой	Износ	Овал	Износ	Овал	Износ	Овал	Износ	Овал	Износ	Овал	Износ	Овал
ГБ-58	Древесная чурка	1240	1016	0,09	0,08	0,14	0,10	0,13	0,10	0,07	0,07	0,20	0,17	0,21	0,09
		1012	883	0,03	0,08	0,06	0,12	0,11	0,11	0,11	0,08	0,14	0,10	0,14	0,10
		2052	1725	0,08	0,04	0,13	0,11	0,16	0,13	0,07	0,08	0,23	0,18	0,09	0,06
ГТ-58	Торфобрикет	1268	1012	0,11	0,08	0,16	0,10	0,12	0,10	0,07	0,07	0,14	0,15	0,17	0,06
		550	350	0,04	0,01	0,03	0,01	—	—	—	—	0,06	0,06	—	—
		1268	1012	0,11	0,08	0,16	0,10	0,12	0,10	0,07	0,07	0,14	0,15	0,17	0,06

В результате проведенных длительных испытаний газогенераторных тракторов ГБ-58 и ГТ-58 были приняты следующие рекомендации:

1) рекомендовать к выпуску крупной серией трактор ГБ-58 с устранением недостатков, выявленных при испытаниях;

2) построить опытные образцы трактора ГТ-58 для работы на каменноугольном полукоксе и малозольном антраците с устранением выявленных недостатков.

В результате проведенных работ СТЗ и НАТИ в конструкции газогенераторного трактора ГБ-58 были устранены недостатки, отмеченные на государственных испытаниях.

С целью проверки эффективности измененных узлов и деталей два трактора, изготовленных в точном соответствии с чертежами, выданными для производства, были переданы в испытательный отряд СТЗ для проведения контрольных испытаний в условиях сельскохозяйственного производства. Один из тракторов предназначен для работы на древесных чурках, а другой — на торфобрикетах. Испытания проводились в Калачевском районе Сталинградской области с июня 1952 г. по май 1953 г.

Газогенераторным трактором, работающим на древесных чурках, выработано 2000 час., а на торфобрикетах — 1600 час. За время испытаний выполнен следующий объем работы: проведены тормозные, тяговые и эксплуатационные испытания газогенераторных тракторов, а также микрометраж основных деталей двигателей до и после испытаний.

Контрольными испытаниями этих газогенераторных тракторов ГБ-58 было выявлено следующее:

1. За время испытаний двигатели газогенераторных тракторов обеспечили стабильность показателей по мощности и расходу топлива. При этом получены следующие данные (табл. 8).

Таблица 8

Мощность двигателей газогенераторных тракторов и расход топлива

Топливо	Средние показатели за выжиг		Максимальная тяговая мощность трактора на третьей передаче на стерне в л. с.
	Эффективная мощность двигателя в л. с.	Удельный расход топлива в кг/л. с. ч.	
Древесные чурки:			
мягких пород	52,6	0,82	37,5
твердых пород	54,5	0,84	—
Торфобрикетки:			
гоотсинские	52,0	0,84	—
форносовские	52,9	0,85	35,8

2. Средняя производительность трактора ГБ-58 на пахоте на 5—10% ниже производительности трактора ДТ-54.

3. За счет внесения изменений в конструкцию газогенераторных тракторов ГБ-58 повышена надежность работы узлов и деталей трактора, а именно:

а) износостойкость шатунных шеек коленчатого вала доведена до износостойкости коренных, что обеспечило продолжительность работы двигателя в течение 1600—2000 час.;

б) установкой новых компрессионных и маслосбрасывающих колец обеспечена продолжительность работы двигателя в течение 1600—2000 час.;

в) время пуска уменьшено; средняя продолжительность одного розжига снижена до 4 мин., а на розжиг и пуск — до 6 мин.; в зависимости от продолжительности стоянки и температуры окружающей среды время розжига колебалось от 1 до 8 мин.;

г) постановкой вентилятора повышенной производительности и нового автомата выключения пускового двигателя улучшены условия работы пускового двигателя и увеличена его работоспособность; однако продолжительность работы пусковых двигателей испытываемых газогенераторных тракторов без ремонта не достигла 2000 час. из-за поломок поршневых колец вследствие выпадения стопорных винтов;

д) установкой сменной горловины и опорного кольца камеры газификации обеспечена продолжительность работы газогенератора без замены их в течение 1000 час., а установкой колосниковой решетки — в течение 2000 час.

Таким образом, внесением конструктивных изменений в представленные на контрольные испытания газогенераторные тракторы ГБ-58 значительно улучшена их работоспособность по сравнению с газогенераторными тракторами, проходившими государственные испытания. Это дало возможность Сталинградскому тракторному заводу в 1953 г. приступить к производству газогенераторных тракторов ГБ-58, которые с весны 1953 г. начали поступать в МТС.

По трактору ГТ-58 подлежали устранению недостатки, относящиеся только к газогенератору; недостатки газового двигателя, системы очистки и охлаждения газа, относящиеся в одинаковой степени к тракторам обеих марок, были устранены при подготовке к производству трактора ГБ-58.

Для устранения выявленных недостатков в газогенераторе ГТ и обеспечения работы газогенераторного трактора на каменноугольном полукоксе и малозольном антраците, в конструкцию газогенератора внесены следующие изменения:

1) применена более жаростойкая керамическая изоляция шахты;

2) введен розжиг топлива под давлением (вместо отсасывания, как это имеет место у трактора ГБ-58) с применением специального факела с форсункой;

3) изменен отбор газа из газогенератора: вместо газоотборного патрубка установлен периферийный конус;

4) установлена новая колосниковая решетка.

В настоящее время изготовлено три образца газогенераторных тракторов ГТ-58, которые прошли заводские доводочные испытания и должны поступить в машиноиспытательные станции МСХ СССР для проведения государственных испытаний.

Обобщая полученный большой исследовательский материал по газификации различных местных топлив в тракторных газогенераторах и результаты длительных испытаний газогенераторных тракторов, можно сделать вывод, что созданные на базе дизельного трактора ДТ-54 газогенераторные тракторы ГБ-58 и ГТ-58 по сравнению с выпускаемым ранее газогенераторным трактором ХТЗ-Т2Г более совершенны и имеют следующие преимущества:

1. Мощность двигателя при работе на древесных чурках, торфобрикетах, полукоксе и антраците доведена до 50 л. с., а при работе на древесном угле — до 55 л. с. (вместо 45 л. с. двигателя трактора ХТЗ-Т2Г).

2. Повышена износостойкость деталей газового двигателя. Срок службы компрессионных колец доведен до 2000 час. вместо 360—720 час. у трактора ХТЗ-Т2Г, а маслоъемных — до 1000 час. вместо 360 час.

3. Конструкция газогенератора ГБ является более удобной для ремонта, а долговечность камеры газификации доведена до 2000 час. вместо 1000 час. у трактора ХТЗ-Т2Г.

4. Применением пускового двигателя облегчен пуск газового двигателя.

5. Установкой вентилятора розжига от пускового двигателя обеспечен быстрый и надежный розжиг топлива в газогенераторе.

6. Установкой циклона и фильтра тонкой очистки газа с повышенными коэффициентами очистки улучшены условия работы двигателя.

7. Ассортимент топлив для газогенераторных тракторов расширен до пяти видов, что является гарантией для повсеместного распространения их и, следовательно, обеспечивает возможности для дальнейшей экономии нефтяного топлива.

Кроме того, эксплуатация газогенераторных тракторов ГБ-58 показала, что при правильной организации топливного хозяйства и обеспечения надлежащего технического ухода за тракторами они могут работать не хуже дизельных тракторов ДТ-54.

Внедрение в народное хозяйство совершенных газогенераторных тракторов ГБ-58 и ГТ-58, работающих на различных местных видах твердых топлив, помимо сокращения расхода высококачественного жидкого топлива, должно дать при правильной их эксплуатации значительную экономию и на эксплуатационных расходах.

ЛИТЕРАТУРА

Горожанин Б. П., Кашуба Б. П., Стариков М. Д., Газогенераторный трактор ГБ-58, Сельхозгиз, 1952.

Инж. Н. Г. ЮДУШКИН

ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗИФИКАЦИИ ТОРФОБРИКЕТОВ

В работе приведены результаты лабораторных исследований влияния зольности, размеров кусков и механической прочности на процесс газификации торфобрикетов (выпускаемых заводами местной промышленности РСФСР), теплотворность газа и мощность двигателя. Наряду с этим освещен вопрос о содержании смолы в газе в наиболее характерные периоды работы газогенератора.

ХАРАКТЕРИСТИКА ТОРФОБРИКЕТОВ

Торфяной брикет обладает высокой теплотворностью и удобен для транспортировки. Поэтому использование его как топлива для тракторных газогенераторов представляет большой интерес.

Состав и качество торфобрикетов зависят от сырья, из которого изготавливается брикет, и технологии производства, влияющих на механическую прочность торфобрикета и его влажность.

Торфобрикеты, испытанные в НАТИ, — торфобрикетных заводов Тоотсинского (Эстонская ССР), Форсоновского (Ленинградская обл.) и Ступкинского (Ивановская область), — мало отличаются по составу горючей массы, что видно из табл. 1.

Состав горючей массы торфобрикетов

Таблица 1

Наименование брикетов	Состав горючей массы в %				
	C ²	H ²	N ²	O ²	S ² _{общ}
Мельчевский	55,11	5,37	4,21	34,73	0,58
Форносовский	58,00	5,48	2,57	33,43	0,52
Ступкинский	58,74	5,58	2,11	33,33	0,24
Тоотсинский	57,65	5,83	2,41	33,69	0,42

Состав горючей массы торфобрикетов соответствует средним значениям горючей массы торфа.

Значительно больше торфобрикеты отличаются по составу рабочего топлива, так как содержание влаги в торфобрикетах в рабочем состоянии W^p и золы в сухой массе их A^c различно.

В табл. 2 приведены данные по содержанию влаги в рабочем топливе, золы в сухой массе топлива и летучих в горючей массе.

Состав торфобрикетов в рабочем состоянии

Таблица 2

Наименование торфобрикетов	W^P	A^c	L^2
Тоотсинский	10,27	5,9	72,2
Мельчевский (первая партия)	17,6	20,5	72,9
Мельчевский (вторая партия)	15,0	11,0	76,0
Дулевский	15,4	5,5	71,6
Ступкинский (первая партия)	16,1	3,5	65,7
Ступкинский (вторая партия)	13,5	5,5	70,0
Форносовский (первая партия)	10,0	10,4	66,2
Форносовский (вторая партия)	8,8	7,9	—

Из таблицы видно, что по содержанию летучих в горючей массе, торфобрикеты разных заводов различаются незначительно.

Наибольшей зольностью обладает Мельчевский торфобрикет первой партии, изготовленный из торфяной крошки, при хранении которой в штабеле произошло самовозгорание, что и явилось причиной увеличения содержания золы в торфяной массе.

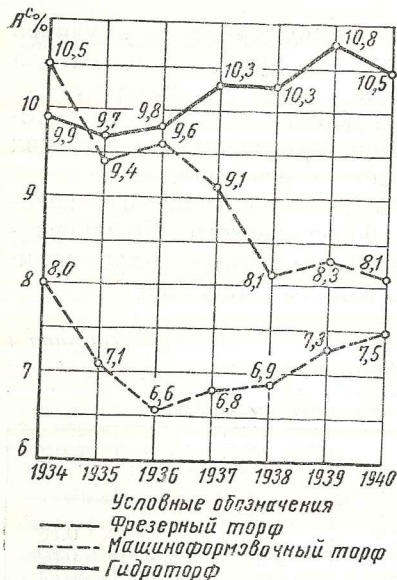
Торфяные брикеты из фрезерного торфа низинных переходных и верховых болот отличаются по содержанию золы и степени разложения.

По данным С. Н. Тюремнова [2], зольность сухой массы торфа верховых болот составляет 2,5—3,2%, переходных 3,9—4,4%, низинных 5,2—15,5%. В ряде случаев зольность торфа повышается вследствие самовозгорания при хранении.

На фиг. 1 приведены средние данные [1] по зольности торфа, добывавшегося в СССР в 1934—1940 гг.

Степень разложения торфа¹ верховых болот составляет 19—55%, переходных 28—36%, низинных 26—52%.

¹ Степенью разложения торфа называется процентное отношение объема совершенно разложившегося торфа (гумуса) к общему объему торфяной массы.



Фиг. 1. Зольность A^c торфа по годам добычи.

Теплотворность горючей массы торфобрикетов, приведенных в табл. 3, превышает теплотворность древесины.

Теплотворность торфобрикетов

Таблица 3

Наименование торфобрикетов	Теплотворность в ккал/кг			
	По бомбе		Низшая	
	Сухой массы Q_{σ}^c	Горючей массы Q_{σ}^p	Рабочего топлива Q_H^p	Горючей массы Q_H^c
Мельчевский (первой партии)	3999	5026	2985	4716
Форносовский (первой партии)	4813	5372	4017	5056
Ступкинский (первой партии)	5390	5588	4171	5274
Тоотсинский	5221	5472	—	5139

Большое значение для характеристики торфобрикетов имеет температура плавления золы.

Определение плавкости золы, как и все остальные анализы, были проделаны во Всесоюзном теплотехническом институте (ВТИ).

Результаты определения температур плавления золы приведены в табл. 4.

Температуры плавления золы в полувосстановительной среде

Таблица 4

Наименование торфобрикетов	Температура в °C		
	начала деформации t_1	размягчения t_2	начала жидкоплавкого состояния t_3
Мельчевский	1010	1030	1050
Форносовский	1210	1255	1270
Ступкинский	1035	1135	1165
Тоотсинский	1425	< 1500	—

Наиболее низкую температуру начала жидкоплавкого состояния имеет зола мельчевского торфобрикета (1050°) с характерным весьма малым интервалом между температурой t_1 начала деформации золы и температурой t_3 начала жидкоплавкого состояния ($\Delta t = t_3 - t_1$). Для мельчевского торфобрикета $\Delta t = 40^\circ$, для форносовского — 60° , для ступкинского — 130° .

Тоотсинский и форносовский торфобрикеты имеют более высокую температуру начала деформации и начала жидкоплавкого состояния золы.

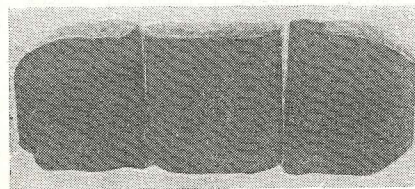
При газификации их плавление золы не наблюдалось, она всегда оставалась сыпучей и легко удалялась.

Для газификации торфобрикетов большое значение имеют еще два параметра, что выяснилось при проведении исследовательских

работ. Первый из них — размеры торфобрикетов, второй — механическая прочность торфобрикетов.

Торфобрикетные заводы выпускают брикеты двух размеров: 1) длиной 186 мм, шириной 70 мм и высотой 30—40 мм; 2) длиной 140 мм, шириной 60—63 мм, высотой 20 мм и выше.

Брикеты первого размера для использования в тракторных газогенераторах делят ступенчатым штемпелем на три части, как



Фиг. 2. Торфобрикеты уменьшенных размеров Тоотсинского завода (Эстонская ССР).

показано на фиг. 2. Такие брикеты могут легко выпускать Тоотсинский и Форносовский торфобрикетные заводы, заменив для этого стандартные штемпели на ступенчатые, при этом технология производства торфобрикетов не нарушается.

Торфобрикеты, выпускаемые на малых заводах, — Ступкинском, Дулевском и Мельчевском, — длиной 140 мм, необходимо уменьшать по длине вдвое.

Для проведения опытов эти брикеты разрубали пополам. Фракционный состав торфобрикетов по размерам кусков приведен в табл. 5.

Таблица 5

Фракционный состав торфобрикетов по размерам

Наименование брикетов	Длина брикета в мм	Ширина брикета в мм	Количество брикетов в %								
			Всего по отношению ко всей партии ¹	Цельных				Измельченных			Мелочь менее 10 мм в % по отношению ко всей партии
				В том числе высотой в мм				Всего по отношению ко всей партии ¹	В том числе высотой в мм		
				> 50	30—50	20—30	5—10		> 50	10—50	
Мельчевский (вторая партия)	140	60	85,6	26,3	28,8	26,6	17,9	12,5	76,1	23,9	1,9
Ступкинский	140	60	89,8	20,0	27,2	16	37,0	9,1	95,2	4,8	1,1
Дулевский	140	63	95,9	48,4	21,3	20,1	10,2	3,4	89,1	10,9	0,7
Тоотсинский	62	70	89,6	—	62,4	22,8	14,8	9,9	43,1	56,9	0,5
Форносовский	186	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—

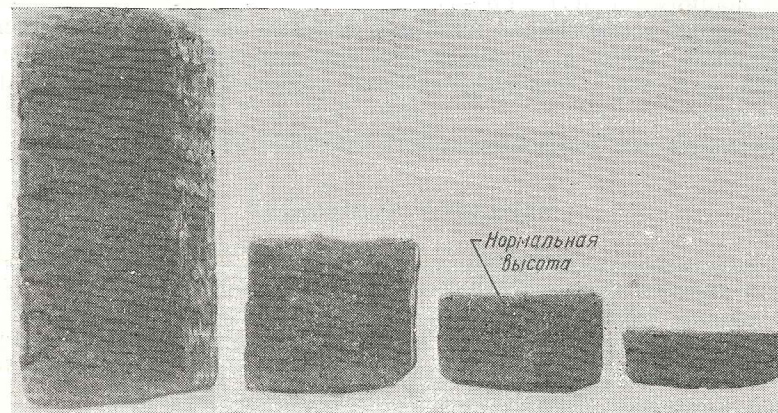
¹ Для подсчета количества торфобрикетов в зависимости от их высоты в процентах числа в данной графе приняты каждое за 100%.

Высота торфобрикетов является переменной величиной и зависит от влажности фрезерной крошки, подвергающейся прессованию. С повышением влажности спрессованная лента торфяной

массы при выходе из пресса не разделяется на брикеты нормальной высоты, они получаются увеличенными по высоте до 200 мм. Такие брикеты требуют дополнительной обработки потребителем.

На фиг. 3 показаны дулевские торфобрикеты различной высоты, встречающиеся в полученных партиях торфобрикетов.

Торфобрикеты подвергали экспериментальной проверке при газификации в газогенераторе ГБ, при этом наряду с другими



Фиг. 3. Высота дулевских торфобрикетов.

показателями качества брикетов (зольность, механическая прочность и пр.) проверяли влияние размеров их кусков на течение процесса газификации и на получаемую теплотворность газа.

Механическая прочность торфобрикетов особенно проявляется при транспортировке их. При доставке торфобрикетов к газогенераторным тракторам могут оказаться неизбежными две-три перевалки их, что будет вызывать крошение слабых брикетов.

Таблица 6

Механическая прочность торфобрикетов

Наименование торфобрикетов	Предел прочности при изгибе в кг/см ²	
	Платьмя	На ребро
Ступкинский	5,96	16,62
Форносовский	20,94	34,7
Мельчевский	11,25	39,6
Тоотсинский	46,1	53,8
Дулевский	16,0	23,8

Примечание. Механическую прочность тоотсинского и форносовского торфобрикетов определяли на образцах длиной 186 мм.

Механическая прочность торфобрикетов, согласно ГОСТ 5863-51, должна быть не ниже 30 кг/см^2 при испытании на изгиб плашмя.

Испытания, проведенные в НАТИ, показывают, что только брикеты Тоотсинского завода имеют механическую прочность, соответствующую требованиям ГОСТ 5863-51.

В табл. 6 приведены данные испытаний различных торфобрикетов по механической прочности, проведенных в соответствии с требованиями ГОСТ 5863-51.

Как видно из таблицы, наиболее слабым оказался Ступкинский торфобрикет, легко рассыпающийся при перевозках и перевалках.

Торфобрикеты в отдельных кусках имеют объемный вес от 1,06 до 1,2 кг/л .

Насыпной вес торфобрикетов в среднем равен 600 кг/м^3 .

МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ

Исследование газификации различных торфобрикетов проводили на вакуум-насосе РМК-2 и затем на двигателе Г-58.

В первом случае из газогенератора отбирался газ, расход которого измерялся дроссельной диафрагмой, установленной стационарно в газогенераторной лаборатории. Состав газа определяли в газоанализаторе типа ВТИ с отдельным дожиганием.

Расход топлива определяли по изменению веса газогенератора, установленного на весах.

Температуры газа до 400° измеряли ртутными термометрами, а выше 400° — хромель-алюмелевыми термопарами.

Разрежения измеряли водяными и ртутными пьезометрами.

При испытании двигателя Г-58 на газе, полученном из торфяных брикетов, мощность определяли при торможении гидравлическим тормозом МАИ. Обороты измеряли тарированным тахометром.

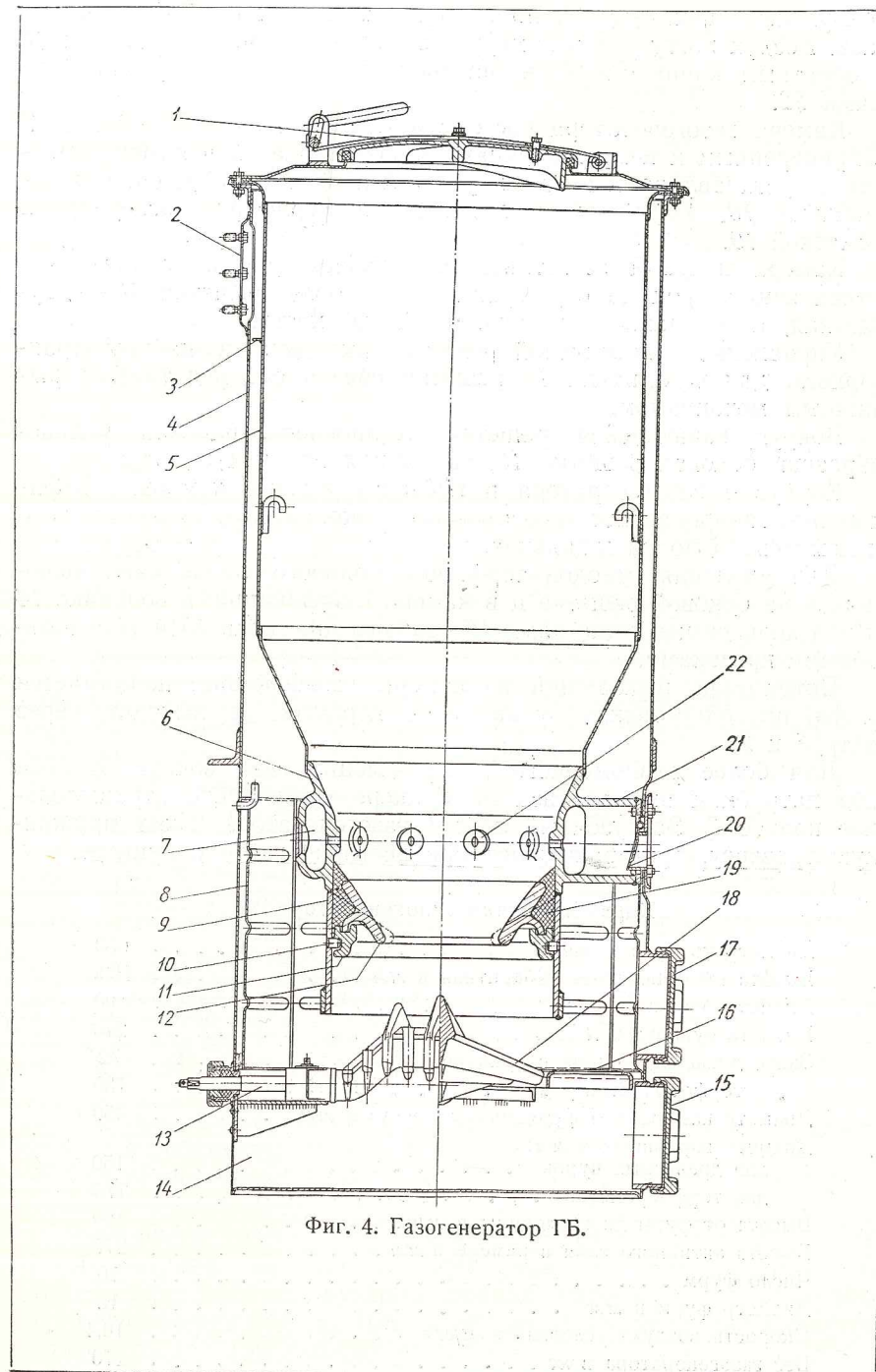
Точность в определении мощности 2% . Газогенераторная установка при испытании на вакуумнасосе состояла из газогенератора, центробежного очистителя и стационарного скруббера с промывкой и охлаждением в них газа водой (см. фиг. 16).

При испытании двигателя Г-58 в состав газогенераторной установки ГБ входили все агрегаты, причем перед водяным радиатором, установленным впереди двигателя, был смонтирован охладитель газа.

ОБЪЕКТ ИСПЫТАНИЙ

Схема газогенератора ГБ представлена на фиг. 4.

Газогенератор ГБ предназначен для газификации сухих древесных чурок и торфобрикетов. Газогенератор ГБ — прямоточного (обращенного) процесса газификации, с использованием физического тепла газа, выходящего из активного слоя, для обогрева топлива. С этой целью бункер 5 вставлен в корпус 4, и



Фиг. 4. Газогенератор ГБ.

вокруг него проходит газ по пути из камеры к патрубку выхода газа. Воздух поступает в камеру газификации 6 через патрубок 21 с обратным клапаном 20 и распределяется по периферии фурмами 22.

Камера газогенератора состоит из литого воздушного пояса 7 с приваренным к нему цилиндром 9. Горловина 12 в камере сменная и устанавливается на опорном кольце 11, опирающемся на шпильки 10. Горловина уплотнена по периферии огнеупорной обмозкой 19.

Камера покрыта защитным жаростойким слоем, значительно удлиняющим срок ее службы. Колосниковая решетка 18 — двускатная, качающаяся в вертикальной плоскости.

Управление колосниковой решетки выведено в кабину тракториста, для чего валик 13 решетки связан с передаточным рычажным механизмом.

Вокруг качающейся решетки установлена плоская кольцеобразная боковая решетка 16, состоящая из двух половин.

Корпус 4 газогенератора в пределах высоты камеры газификации экранирован восемью съемными экранами 8, подвешенными к нему свободно на шпильках.

Для удаления отходов торфяного зольного кокса, скапливающихся на боковой решетке и в камере газификации, в зольнике 14 и над кольцевыми решетками 16 сделаны два люка 15 и 17 с резьбовыми крышками.

Поток газа, выходящий из камеры газификации, поднимается вверх, проходит между бункером и корпусом и выходит через патрубок 2.

Для более равномерного распределения газа вокруг бункера под патрубком выхода газа на бункере установлено отражательное кольцо 3. Загрузочный люк 1 газогенератора имеет пружинную траверсу, прогибающуюся при вспышке газов в бункере.

Характеристика газогенератора ГБ

Диаметр корпуса в мм	650
Высота газогенератора габаритная в мм	1680
Диаметр бункера в мм	600
Емкость бункера в л	240
Запас древесных чурок в бункере в кг	72
„ торфобрикетов „ „ „ „	130
Диаметр камеры (по фурменному поясу) в мм	350
Диаметр горловины в мм:	
для древесных чурок	150
для торфобрикетов	175
Высота от фурм до горловины в мм	150
Высота активного слоя в камере в мм	270
Число фурм	10
Диаметр фурм в мм	12
Скорость воздуха основная в м/сек	16,4
Вес газогенератора в кг	270

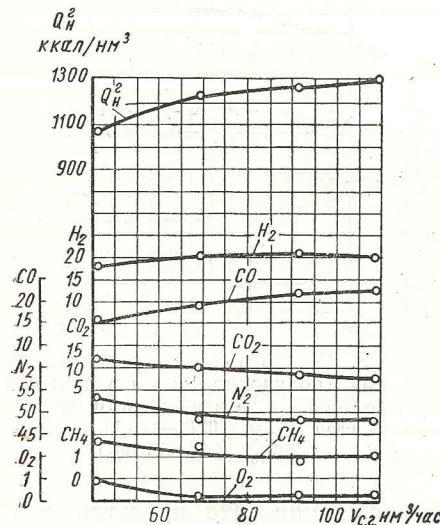
Двигатель Г-58 — четырехцилиндровый, четырехтактный с внешним смесеобразованием и воспламенением от электрической искры, переделан для работы на газе из дизеля Д-54.

Диаметр цилиндра двигателя 125 мм, ход поршня 152 мм, литраж цилиндров 7,46 л.

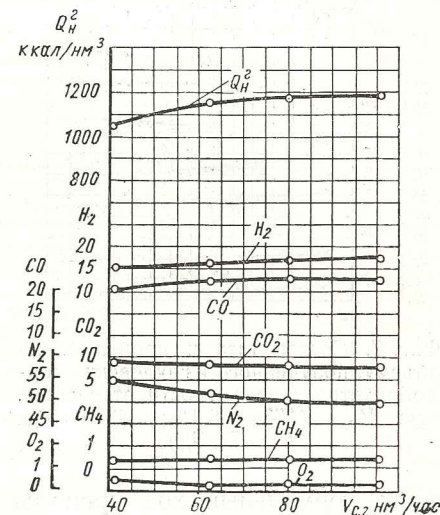
Число оборотов вала двигателя 1400 в минуту, степень сжатия 8,5. Зажигание от магнето М-18; свечи зажигания НМ12-12В. Угол опережения зажигания при работе на газе из торфобрикетов 36—38° (до в. м. т.). Распределительный механизм такой же, как у двигателя ДТ-54.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

Изменение состава и теплотворности газа, полученного из разных торфобрикетов, в зависимости от его расхода показано на фиг. 5—8.



Фиг. 5. Состав газа в процентах по объему, полученного из торфобрикетов первой партии, в зависимости от расхода газа $V_{c,2}$ ($W^p = 8,8\%$; $A^c = 7,88\%$).



Фиг. 6. Состав газа в процентах по объему, полученного из торфобрикетов второй партии, в зависимости от расхода газа $V_{c,2}$ ($W^p = 10\%$; $A^c = 10,4\%$; $L^c = 66,2\%$).

На фиг. 5 и 6 показано изменение состава газа из торфобрикетов первой и второй партий, отличавшихся одна от другой по содержанию влаги W^p и по содержанию золы в сухой массе A^c .

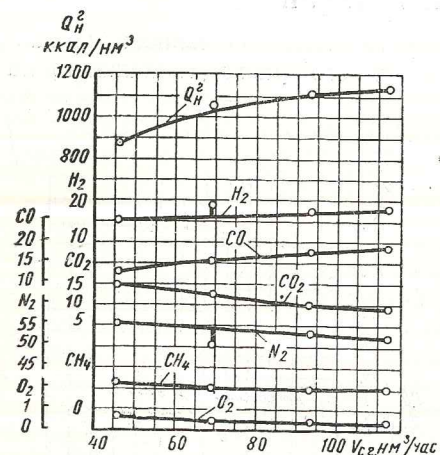
Как видно из фиг. 5, теплотворность газа Q_H^2 при $W^p = 8,8\%$ и $A^c = 7,88\%$ составляет 1280 ккал/нм³ при расходе газа 100 нм³/час, соответствующем полной нагрузке двигателя Г-58. При увеличении W^p до 10% и A^c до 10,4% теплотворность газа снизилась до 1190 ккал/нм³.

Характерно, что теплотворность газа при увеличении расхода газа повышается за счет увеличения содержания в газе CO при небольшом увеличении содержания H₂ и уменьшении содержания в газе CH₄ (фиг. 5, 7 и 8).

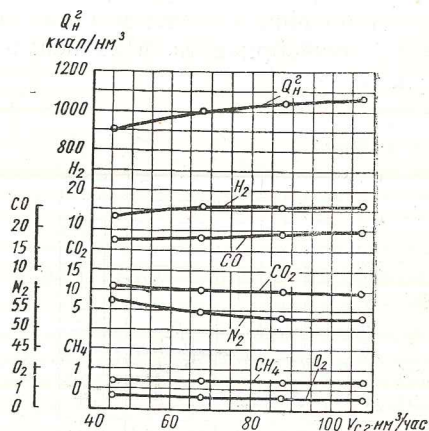
В одном из опытов (фиг. 6) содержание H₂ и CO увеличилось одновременно.

Газ из ступкинских торфобрикетов был наименьшей теплотворности (1050 ккал/нм³).

Следует указать, что проведение испытаний мельчевских торфобрикетов при переменном режиме расхода газа встретило большие затруднения вследствие сильного шлакования золы, нарушав-



Фиг. 7. Состав газа в процентах по объему, полученного из дулевских торфобрикетов, в зависимости от расхода газа $V_{c,г}$ ($W^p = 15,4\%$; $A^c = 5,5\%$; $L^2 = 71,6\%$).



Фиг. 8. Состав газа в процентах по объему, полученного из ступкинских торфобрикетов, в зависимости от расхода газа $V_{c,г}$ ($W^p = 16,1\%$; $A^c = 3,55\%$; $L^2 = 65,7\%$).

шего нормальный ход процесса газификации. Не представилось возможным снять и регуляторные характеристики при испытании двигателя на газе из мельчевских торфобрикетов первой и второй партии.

Мощность двигателя при работе на газе, полученном из различных торфобрикетов, определяли при снятии регуляторных характеристик и при испытании на устойчивость процесса газификации. Для сравнения мощность приводили к одним условиям окружающей среды: 15° и 760 мм рт. ст. по ГОСТ 491-41.

Эталоном для оценки и сравнения качества различных торфобрикетов служила регуляторная характеристика, снятая при работе двигателя на газе, полученном из тоотсинских торфобрикетов. На этом газе была получена приведенная мощность $N_{e \max} = 52,8$ л. с. при 1400 об/мин.

На Сталинградском тракторном заводе при испытании двигателя, работающего на газе, полученном из аналогичных тоотсин-

ских торфобрикетов, мощность двигателя оказалась равной 52,5 л. с. при 1400 об/мин.

Таким образом можно считать, что двигатель Г-58 при исследованиях в лаборатории находился в нормальном состоянии.

В табл. 7 приведены данные по максимальной мощности, полученные при испытании двигателя на газе, полученном из торфобрикетов разных заводов и различных размеров кусков.

Таблица 7
Мощность двигателя Г-58 на газе из различных торфобрикетов

Наименование торфобрикетов	$N_{e \max}$ в л. с.	Длина торфобрикетов в мм	Зольность A^c в %
Ступкинский	49,0	140	3,5
"	50	70	3,5
Дулевский	51,8	140	5,5
"	55,5	70	5,5
Тоотсинский	53,0	62	5,9
Форновский	53,0	62*	10,4
Мельчевский	44	140	11,0
"	41	140	20,4

* Брикеты Форновского торфобрикетного завода длиной 186 мм были разрублены на три части.

Проведенные опыты по определению мощности двигателя на газе из брикетов разных размеров показали сильное влияние этих размеров на теплотворность газа и мощность двигателя.

При испытаниях на дулевском торфобрикете уменьшение длины брикета с 140 до 70 мм при высоте их не более 20—30 мм дало увеличение мощности на 3,7 л. с., или на 7,1%.

На ступкинском торфобрикете уменьшение длины брикета также дало увеличение мощности на 1 л. с., т. е. на 2%, но меньше, чем на дулевском торфобрикете.

Повышение теплотворности газа является следствием увеличения плотности слоя в камере газификации.

Ступкинский и дулевский торфобрикеты имеют малое содержание золы (соответственно 3,5 и 5,5%). Зола из этих торфобрикетов тугоплавкая, поэтому шлакообразования при газификации брикетов не наблюдалось. Больше повышение теплотворности газа и мощности двигателя при работе на газе из дулевских торфобрикетов объясняется большей механической прочностью их по сравнению со ступкинскими брикетами.

Объемный вес дулевских торфобрикетов на 7% больше, чем ступкинских. Таким образом, механическая прочность брикетов, объемный вес и размеры торфобрикетов имеют большое значение для получения газа с высокой теплотворностью.

Вопрос о допустимой зольности торфобрикетов, применяемых в тракторных газогенераторах, имеет большое значение для более широкого использования их.

Испытания двигателя на газе, полученном из торфобрикетов с тугоплавкой золой $A^c = 3,5 \div 10,4\%$ показали, что при указанных пределах зольности мощность двигателя сохраняется и не снижается с увеличением содержания золы до $A^c = 10,4\%$.

Газификацию торфобрикетов с большим содержанием тугоплавкой золы в сухой массе не проводили. На СТЗ проводили длительные эксплуатационные испытания форносовских торфобрикетов с зольностью $A^c = 6,2 \div 7,9\%$ и влажностью $W^p = 8,8 \div 9,8\%$. При этом средняя мощность двигателя за три выжига не снижалась ниже 53 л. с. при $n = 1400$ об/мин, а максимальная достигала 54—55 л. с.; удельный расход торфобрикетов не превышал 0,85 кг/л. с. ч.

Гораздо большее значение имеет не столько содержание золы в указанных пределах ($A^c = 10,4\%$), сколько температура плавления ее.

Газификация форносовских торфобрикетов с $A^c = 10,4\%$ и мельчевских с $A^c = 11\%$, т. е. близких по содержанию золы, вследствие разной температуры плавления золы проходила совершенно различно.

Газификация мельчевских торфобрикетов вследствие низкой температуры плавления золы ($t^3 = 1050^\circ$) становилась совершенно невозможной — камера газогенератора очень быстро залилась шлаком, прекратилась нормальная осадка топлива, теплотворность газа упала, и мощность двигателя снизилась до 44 л. с.

Еще более резко ухудшилась работа газогенератора при газификации торфобрикета Мельчевского завода с содержанием золы $A^c = 20,4\%$. Максимальная мощность двигателя на газе из этих брикетов не превышала 41 л. с. Средняя мощность за 6 час. работы составила 37,8 л. с., а к концу опыта упала до 30 л. с.

Теоретическим расчетом нетрудно показать, что увеличение зольности торфобрикета приводит к большому росту зольности торфяного кокса.

Содержание золы A^k в торфяном коксе можно определить по формуле

$$A^k = \frac{A^p \cdot 100}{100(W^p + L^p)}, \quad (1)$$

где A^p и L^p — содержание золы и летучих в рабочем топливе. Зольность рабочего топлива определяется по формуле

$$A^p = \frac{A^c (100 - W^p)}{100}. \quad (2)$$

Содержание летучих в рабочем топливе определяется по формуле

$$L^p = L^c \cdot \frac{100 - (W^p + A^p)}{100}. \quad (3)$$

Выход кокса из данного вида топлива определяется по формуле

$$K^p = 100 - (W^p + L^p). \quad (4)$$

В табл. 8 и 9 приведены подсчеты зольности кокса, полученного при газификации торфобрикетов с $W^p = 10 \div 15\%$ и $L^c = 70\%$ при различной зольности исходного топлива, а на фиг. 9 показан рост зольности торфяного кокса в зависимости от содержания золы в торфобрикетах.

Таблица 8
Зольность торфяного кокса при $W^p = 15\%$ и $L^c = 70\%$
(в процентах)

A^c	A^p	L^p	A^k	K^p
5	4,25	56,5	14,9	28,5
8	6,8	54,7	22,4	30,3
10	8,5	53,5	27,0	31,5
12	10,2	52,3	31,2	32,7
15	12,7	50,5	36,8	34,5
20	17,0	47,5	45,4	37,5

Из данных, приведенных в табл. 8, видно значительное повышение содержания золы в торфяном коксе с увеличением золы в исходном торфобрикете.

Изменение влажности торфобрикета не сказывается на зольности торфяного кокса.

Подсчеты, сделанные при уменьшении содержания влаги в торфобрикете до 10%, показали, что зольность торфяного кокса изменяется в весьма небольших пределах.

Результаты подсчета приведены в табл. 9.

Таблица 9
Зольность торфококса при $W^p = 10\%$ и $L^c = 70\%$
(в процентах)

A^c	A^p	L^p	A^k	K^p
5	4,5	59,8	14,0	30,2
8	7,2	58,0	22,5	32,0
10	9,0	56,6	27,7	33,4
12	10,8	55,5	31,4	34,5
15	13,5	53,5	37,0	36,5
20	18,0	51,0	46,2	39,0

При подсчете было принято, что содержание летучих в торфяном коксе равно нулю. В действительности при газификации торфобрикетов в торфяном коксе остается некоторое количество летучих, но величина этого остатка до сих пор не установлена. Для изучения этого вопроса было проведено исследование изменения состава торфобрикета и торфяного кокса в бункере и камере газификации.

Методика проведения этой работы была следующая:

1. Отбор проб торфобрикета и торфяного кокса производили после трех выжигов топлива в бункере газогенератора через сутки после остановки его для остывания¹. Патрубок входа воздуха в газогенератор герметически закрывали для прекращения доступа воздуха в камеру газогенератора.

2. Пробы торфобрикетов в бункере отбирали по высоте через каждые 100 мм, а на высоте от фурм 100 мм вверх и ниже до горловины — через каждые 30 мм.

3. В пределах бункера пробы весом по 300 г отбирали (по высоте в каждом слое): а) по периферии около стенок в пяти местах, б) в центре, в) по кольцу диаметром 300 мм также в пяти местах. Всего по каждому слою в одиннадцати местах.

В пределах переходного конуса от бункера в камере пробы

отбирали также по периферии и в центре, и кроме того, по среднему кольцу диаметром $\frac{d_k}{2}$ на данной высоте конуса (d_k — диаметр сечения кругового конуса на данной высоте).

4. В плоскости фурменного пояса отбирали среднюю пробу, которую составляли путем смешения проб торфяного кокса, отобранных около каждой фурмы (десять проб), в центре камеры (одна проба), на расстоянии 80 мм от каждой фурмы (десять проб), между фурм около стенок (десять проб), между фурм на расстоянии 90 мм от стенок (десять проб).

Пробы отбирали весом 25—30 г и из них составляли одну пробу по сечению фурменного пояса.

5. В горловине камеры отбирали одну пробу по всему сечению и одну ниже нее, на глубине 100 мм.

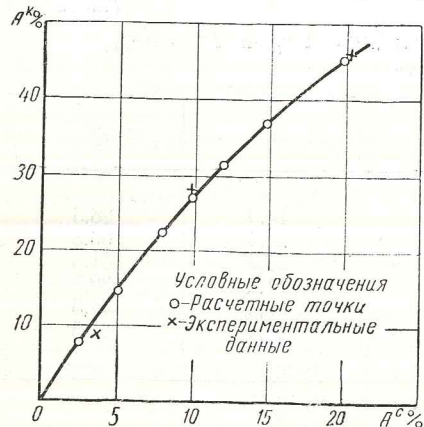
Отобранные в каждом слое пробы смешивали в одну и от нее отбирали среднюю пробу весом 500 г. Эту пробу измельчали на

¹ Этот метод является условным для определения изменения состава топлива, но допустимым при сравнительных испытаниях.

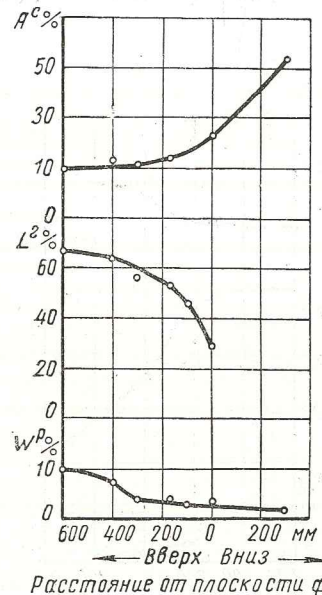
кусочки размером не более 5 мм и от нее после тщательного перемешивания отбирали пробу весом 100 г, в которой определяли W^p , A^c и L^2 .

Массу, оставшуюся от средней по слою пробы брикетов, подвергали рассеву на ситах с размером ячеек 50×50 , 20×20 , 10×10 , 5×5 и 3×3 мм для определения фрикционного состава раскрошившихся брикетов.

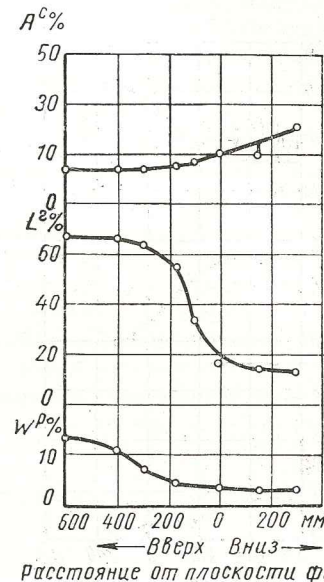
Взвешивание фракций с каждого сита производили на циферблатных весах с точностью до 5 г.



Фиг. 9. Зольность торфяного кокса A^k в зависимости от содержания золы в сухой массе торфа брикета A^c ($W^p = 10\%$; $L^2 = 70\%$).



Фиг. 10. Изменение исходного состава фурновских торфобрикетов ($W^p = 10\%$; $A^c = 10,4\%$; $L^2 = 66,2\%$) в бункере и торфяного кокса в камере газогенератора.



Фиг. 11. Изменение исходного состава ступкинских торфобрикетов ($W^p = 16,1\%$; $A^c = 3,55\%$; $L^2 = 65,7\%$) в бункере и торфяного кокса в камере газогенератора.

Всего до фурменного пояса в бункере отобраны восемь средних проб (по различным сечениям), а в камере — три пробы.

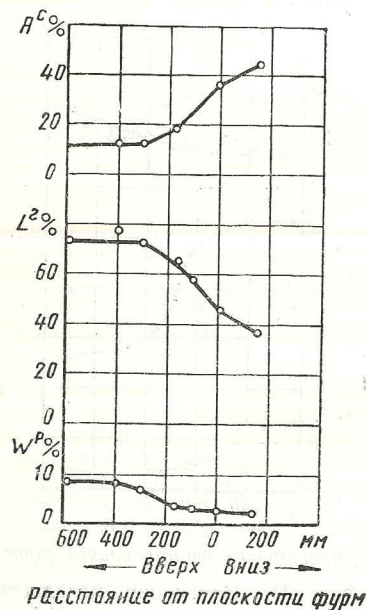
По данным анализов проб были составлены кривые изменения содержания W^p , A^c и L^2 в пределах бункера и камеры для ряда испытывавшихся торфобрикетов.

На фиг. 10—13 представлены кривые изменения состава различных торфобрикетов в газогенераторе и состава торфяного кокса из этих брикетов в камере газогенератора.

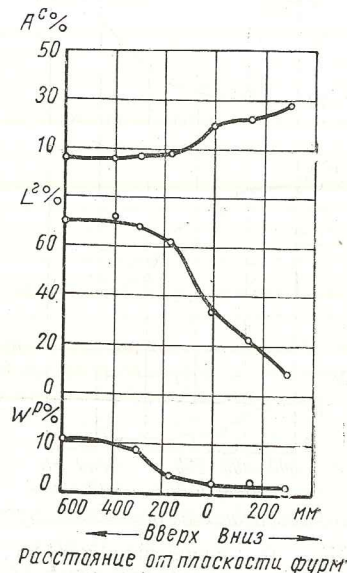
Из представленных на фиг. 10—13 данных следует, что значительное изменение в составе торфобрикетов начинается на высоте 300 мм над уровнем фурменного пояса. Выше этого уровня изменения в составе летучих L^2 и золы A^c незначительны. Небольшие изменения заметны в содержании влаги W^p .

Обращает на себя внимание значительное повышение содержания золы в торфяном коксе в камере. Так, при газификации форносовского торфобрикета на уровне фурм содержание золы A^c в торфяном коксе достигает 22,3% (начальное содержание A^c в торфобрикете 10,4%). Озоление торфяного кокса происходит по всей высоте камеры ниже фурм, поднимаясь в нижней части камеры (250 мм ниже уровня фурм) до $A^c = 53\%$.

Следует отметить, что летучие не выделяются полностью из торфобрикетов и содержание летучих в торфяном коксе на уровне



Фиг. 12. Изменение исходного состава мельчевских торфобрикетов ($W^p = 17,6\%$; $A^c = 20,4\%$; $L^2 = 72,9\%$) в бункере и торфяного кокса в камере газогенератора.



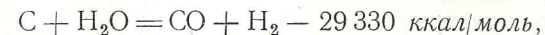
Фиг. 13. Изменение исходного состава тоотсинских торфобрикетов ($W^p = 10,27\%$; $A^c = 5,9\%$; $L^2 = 72\%$) в бункере и торфяного кокса в камере газогенератора.

фурм при газификации форносовского брикета составляет 20%, тоотсинского 35%, и ступкинского 20%. При этом в торфяном коксе ступкинского торфобрикета содержание летучих в горючей массе ниже 10% на глубине 250 мм от уровня фурм не опускается.

Особенно сильно в камере газификации происходит озоление торфяного кокса из мельчевских торфобрикетов с содержанием золы $A^c = 22,4\%$.

На уровне фурм в камере содержание золы в торфяном коксе (A^c) из мельчевских торфобрикетов повышается до 46,2%, а в горловине (на высоте 150 мм от уровня фурм) — до 54,1%.

Восстановительная зона активного слоя в камере газификации засоряется золой и шлаком, что затрудняет нормальное течение реакций восстановления:



Повышение зольности торфяного кокса приводит к уменьшению концентрации углерода в восстановительной зоне в 2—3 раза; время контакта газов с углеродом сокращается. Потенциальное тепло газов, выходящих из зоны окисления с высокой температурой, используется хуже, и в газе остается большое количество неразложившихся углекислоты и водяного пара.

Проведенные исследования показывают, что при тугоплавкой, нешлакующей золе теплотворность газа и мощность двигателя сохраняются без изменений при содержании золы в торфобрикете $A^c = 10,4\%$.

Нужно учитывать, что при эксплуатации газогенераторных тракторов в сельскохозяйственных условиях возможно, особенно в период пахоты и сева, сильное запыление воздуха. Поступая в газогенератор, такой воздух вызывает дополнительное увеличение концентрации золы в торфяном коксе (на уровне фурм), поэтому содержание золы в торфобрикете, предназначенном для тракторных газогенераторов, не должно превышать $A^c = 8\%$.

Газификация торфобрикетов с легкоплавкой золой ($t_3 \leq 1000^\circ$) в газогенераторе ГБ невозможна без внесения в него изменений, так как распределение золы приводит к образованию шлака, оседающего на горловине и цепляющегося за верхнюю кромку горловины, образующую заплекичку в камере.

Газификация торфобрикетов сопровождается удалением части зольного торфяного кокса из камеры газификации. Чем больше зольность торфобрикетов, тем чаще нужно удалять зольный кокс из камеры.

Анализ отходов торфяного кокса показал, что зольность их очень высока.

В табл. 10 приведены данные по составу и количеству отходов при газификации торфобрикетов.

Таблица 10

Состав и количество отходов при газификации торфобрикетов

Наименование брикетов	Зольность брикета A^p в %	Количество отходов в % к топливу	Зольность отходов A^c в %	Недожог углерода к топливу в %
Ступкинский	2,98	9,3	20,3	6,8—8,1
Форносовский	9,36	6,8	50,6	2,7—3,4
Мельчевский	16,8	16,7	60,8	3,5—7,0

Большие потери недожженного углерода с отходами наблюдаются у ступкинского торфобрикета вследствие малой механической прочности (см. табл. 6).

Условный коэффициент полезного действия газогенератора определяется по формуле

$$\eta_2 = \frac{v_2 \cdot Q_H^2}{Q_H^m} \quad (5)$$

где v_2 — выход газа из торфобрикетов в $\text{нм}^3/\text{кг}$;
 Q_H^2 — низшая теплотворность газа в $\text{ккал}/\text{нм}^3$;
 Q_H^m — низшая теплотворность топлива в $\text{ккал}/\text{кг}$.

В табл. 11 приведены данные по определению η_2 при газификации торфобрикетов трех видов в газогенераторе ГБ.

Таблица 11

К. п. д. газогенератора ГБ при газификации различных торфобрикетов

Наименование торфобрикетов	A^c в %	Q_H^2 в $\text{ккал}/\text{нм}^3$	Q_H^T в $\text{ккал}/\text{кг}$	v_2 в $\text{нм}^3/\text{кг}$	η_2 в %
Ступкинский	3,55	987	4171	2,38	56,5
Форносовский	10,4	1110	4017	2,67	74
Мельчевский	20,4	790	2985	2,21	58,4

Как видно из таблицы, наибольший к. п. д. получен при газификации форносовского торфобрикета. Значительное снижение к. п. д. при газификации ступкинского и мельчевского торфобрикетов произошло вследствие низкой теплотворности полученного газа и больших потерь углерода с недожогом в отходах.

Проводившиеся в Сталинградской области эксплуатационные испытания газогенераторных тракторов ГБ-58 на форносовских торфобрикетах показали, что при газификации торфобрикетов происходит большой унос пыли из газогенератора и повышается содержание смолы в газе.

Исследования, проведенные в лаборатории газоочистки НАТИ по определению содержания пыли в газе при газификации торфобрикетов, подтвердили значительное загрязнение газа пылью.

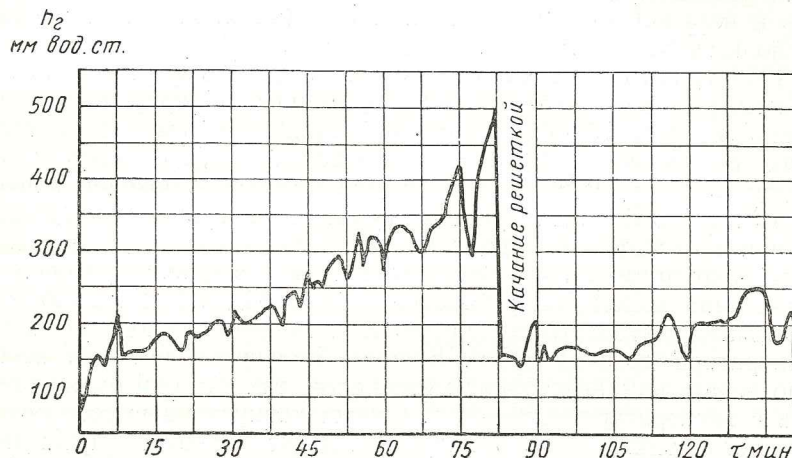
Приводим сравнительные данные по содержанию пыли в газе, полученном из различных топлив, газифицировавшихся в газогенераторе ГБ.

Ступкинский торфобрикет	6—13	$\text{г}/\text{нм}^3$
Тоотсинский	2—7	"
Форносовский	2—3	"
Древесные чурки	1—3	"
Древесный уголь	1—4,5	"
Антрацит	1	"

При газификации ступкинских торфобрикетов наблюдается увеличение содержания пыли в газе (по времени работы газогенератора).

Следует учесть, что в условиях эксплуатации газогенераторного трактора содержание пыли в газе может увеличиваться вследствие встряски топлива и торфяного кокса в газогенераторе.

Уменьшение содержания пыли в газе явилось специальной задачей, которую удалось разрешить путем внесения конструктивных изменений в газогенератор ГБ.



Фиг. 14. Разрежение после газогенератора (при газификации торфобрикетов) в зависимости от времени работы.

В газогенераторе ГБ поток газа при выходе из камеры выносит из активного слоя торфяного кокса довольно значительное количество мелкого кокса, угольной пыли и золы. При этом унос пыли увеличивается с уменьшением механической прочности торфобрикетов. Большая часть угольной пыли скапливается на боковых кольцевых решетках, вследствие чего со временем увеличивается сопротивление для прохода газа в слое вокруг камеры. Плотность заполнения слоя в камере и вокруг нее возрастает настолько, что разрежение газа при выходе из газогенератора начинает резко повышаться. Для снижения сопротивления слой кокса в камере и вокруг нее рыхлили качанием колосниковой решетки. В результате рыхления и сброса части торфяного кокса с зольностью $A^c = 60 \div 70\%$ в зольник сопротивление проходу газа снижалось.

На фиг. 14 показана кривая изменения разрежения газа после газогенератора в период подъема и снижения разрежения газа, снятая на самопишущем вакуумметре.

Качание колосниковой решетки производилось из кабины трактора и не представляло больших затруднений. Но качание решетки приводит к опусканию активного слоя в камере



газификации и попаданию кусков торфобрикетов с невыделившимися продуктами возгонки летучих ниже фурменного пояса, при этом пары смолы проникают в газ.

Увеличение содержания смолы в газе приводит к засмолению очистительной аппаратуры и газопроводов.

УМЕНЬШЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПЫЛИ И СМОЛЫ В ГАЗЕ

Для уменьшения содержания смолы в газе нужно реже прибегать к нарушению зон в активном слое топлива, т. е. нужно реже пользоваться решеткой.

В 1952 г. автором было предложено изменить форму боковых кольцевых решеток и сделать их вместо плоских конусными, как показано на фиг. 15. Тогда, при происходящем повороте потока газа на 180° частицы угольной пыли и золы, летящие вместе с газом и более тяжелые, чем газ, проходя прорези 2 боковой конусной решетки, по инерции будут осаждаться в зольнике, где нет движения возмущающих среду потоков газа. Газ таким образом очищается от примесей угольной пыли и золы в газогенераторе.

Изменение конструкции боковой кольцевой решетки дало положительные результаты и привело к уменьшению уноса пыли из газогенератора до $1-2 \text{ г/м}^3$. Боковые кольцевые решетки необходимо делать из жаростойких материалов, так как они омываются газами с температурой $650-750^\circ$. Стенки корпуса на высоте боковых решеток также сильно нагреваются, что требует улучшения изоляции их.

Количество пыли, оседающей из газа в циклоне, с изменением конусных решеток резко сократилось.

Количество отходов зольного торфяного кокса, скапливающегося в зольнике, составляет 7%.

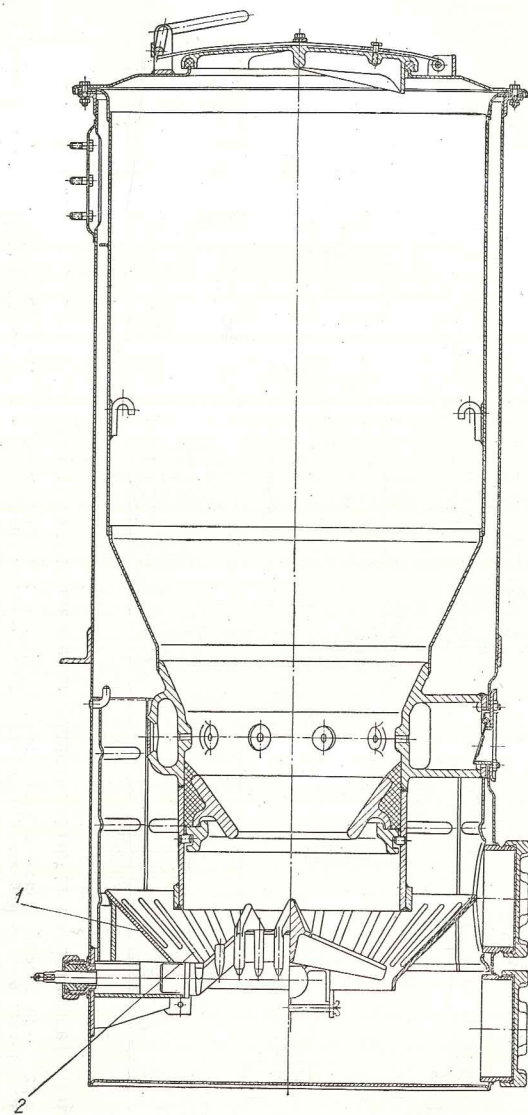
С прекращением скапливания угольной мелочи и золы на боковых решетках разрежение после газогенератора выравнилось; прекратились периодические подъемы разрежения и общая величина его за газогенератором снизилась до $100-120 \text{ мм вод. ст.}$ Такой способ уменьшения уноса пыли легко может быть внедрен в производство.

Уменьшение содержания смолы в газе явилось предметом специального изучения. В 1953 г. была проведена специальная работа по сравнительному определению содержания смолы в газе из дулевских брикетов при газификации в газогенераторе с тремя различными по диаметру отверстиями горловин (150 , 160 и 175 мм).

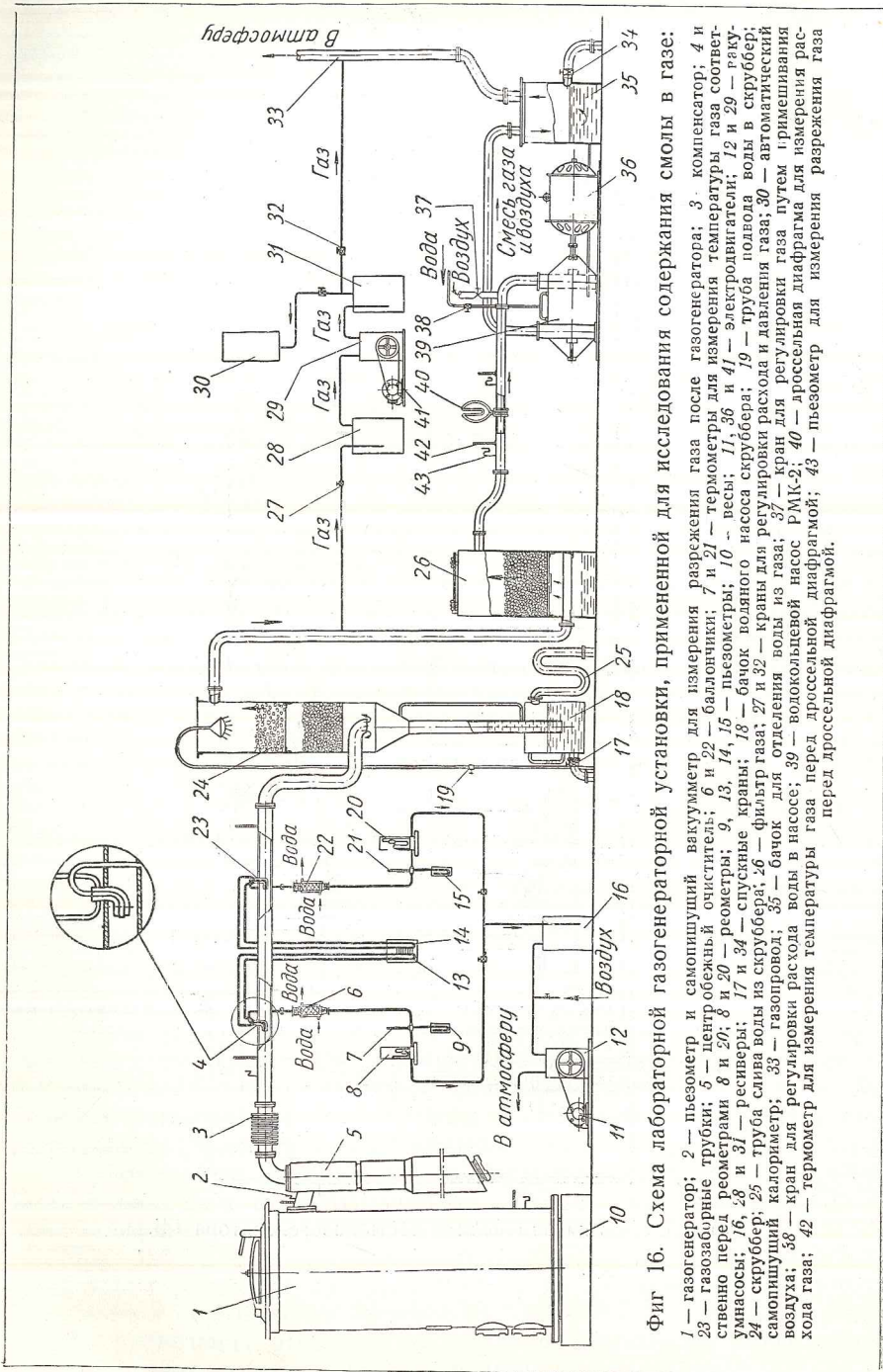
Горловина диаметром 150 мм по своим конструктивным формам и размерам была одинаковой с горловиной, употребляемой при газификации древесных чурок.

При работе с этой горловиной, более низкой по высоте, чем конусные горловины диаметром 160 и 175 мм , повышаются тепловые потери через стенки камеры.

До проведения этой работы не было данных по содержанию смолы в генераторном газе, полученном из торфобрикетов.



Фиг. 15. Нижняя измененная часть газогенератора ГБ.



Фиг. 16. Схема лабораторной газогенераторной установки, примененной для исследования содержания смолы в газе.
 1 — газогенератор; 2 — пьезометр и самопишущий вакуумметр для измерения разрежения газа после газогенератора; 3 — компенсатор; 4 и 23 — газозаборные трубки; 5 — центробежный очиститель; 6 и 22 — баллончики; 7 и 21 — термометры для измерения температуры газа соответственно перед реометрами 8 и 20; 8 и 20 — реометры; 9, 13, 14, 15 — пьезометры; 10 — весы; 11, 36 и 41 — электродвигатели; 12 и 29 — ракумнососы; 16, 28 и 31 — ресиверы; 17 и 34 — спускные краны; 18 — бачок пологого насоса скруббера; 19 — труба пологой воды в скруббер; 24 — скруббер; 25 — труба слива воды из скруббера; 26 — фильтр газа; 27 и 32 — краны для регулирования расхода и давления газа; 30 — автоматический самопишущий калориметр; 33 — газопровод; 35 — бачок для отделения воды из газа; 37 — кран для регулирования расхода газа путем при смешивания воздуха; 38 — кран для регулирования расхода воды в насосе; 39 — волокопильный насос РМК-2; 40 — арросельная диафрагма для измерения расхода газа; 42 — термометр для измерения температуры газа перед арросельной диафрагмой; 43 — пьезометр для измерения разрежения газа перед арросельной диафрагмой.

Определение содержания смолы в газе производили по методу частичного отбора пробы газа после центробежного очистителя в различные периоды работы газогенератора: при розжиге, при нормальном режиме расхода газа и при качании колосниковой решетки.

В процессе исследования газ из генератора отсасывали вакуум-насосом. Схема лабораторной установки для определения содержания смолы показана на фиг. 16.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ СМОЛЫ В ГАЗЕ

Определение содержания смолы производили по методу частичного отбора газа с абсорбированием смол силикагелем или гигроскопической ватой в баллоне с водяным охлаждением. Силикагель употреблялся в зернах размером 1—2 мм. В газопроводе после центробежного очистителя 5 (фиг. 16) были установлены две газозаборные трубки 4 и 23 (последовательно на расстоянии 500 мм).

Скорости в трубке и газопроводе поддерживали одинаковыми путем регулирования расхода газа, проходящего через газозаборную трубку. При равенстве статических давлений в трубке и газопроводе скорости газа можно с допустимой погрешностью считать одинаковыми.

Для измерения давлений на газозаборной трубке прикреплены две трубочки, из которых одна сообщается отверстием с полостью газозаборной трубки, а другая — с полостью газопровода. Обе трубочки соединяли с пьезометром. При отборе пробы следили, чтобы перепад давления в пьезометре был равен нулю.

Охлаждение газа в баллончиках 6 и 22, улавливающих смолы, для наиболее полной конденсации паров и смол в условиях, подобных состоянию газа перед смесителем на двигателе, поддерживали таким, чтобы газ имел температуру не более 15—20°.

Расход газа через абсорбент контролировали реометрами 8 и 20.

Температуру и разрежение газа перед реометрами определяли термометрами 7 и 21 и пьезометрами 9 и 15.

Отсасывание газа производили лабораторным вакуум-насосом 12 через ресивер 16.

Пробы газа отбирали в течение 10 мин. За это время через абсорбент проходило от 120 до 170 л газа.

После пропускания газа абсорбент перекладывали в бюксы и направляли для определения содержания смол в лабораторию топлив и масел. Содержание смол в абсорбенте определяли экстрагированием.

Абсорбент извлекали из бюксы и в бумажном патроне, изготовленном из фильтровальной бумаги, закладывали в аппарат Сокслета. Смолы экстрагировали в течение 3 час. смесью бензола и этилового спирта, взятыми в отношении 1:1.

Колбу с экстрактом нагревали на масляной бане.

После окончания экстрагирования переливали экстракт из колбы в предварительно взвешенную фарфоровую чашечку.

Выпаривание экстракта вели на водяной бане в вытяжном шкафу до полного его удаления.

В случае попадания в экстракт механических примесей в виде сажи и угольной пыли его подвергали фильтрации через бумажный фильтр на конической воронке с последующей промывкой фильтра свежим растворителем.

После выпаривания растворителя смолистый осадок в чашке взвешивали на аналитических весах и подвергали сушке до постоянного веса при температуре 100°.

После сушки первый раз через 30 мин., а второй раз через 15 мин., производили повторное взвешивание до получения сходности результатов взвешивания. В случае резких расхождений в весе сушку после второго взвешивания продолжали и производили повторные взвешивания.

Количественное содержание смолы в абсорбенте m определяли по разности весов чашки с высушенным осадком и пустой чашки.

Гигроскопическая вата вследствие недостаточной очистки от примесей дает при экстрагировании осадок, который искажает определение абсорбированной ею смолы. Для корректирования определения смол при употреблении ваты в качестве абсорбента производили контрольное определение осадка путем экстрагирования ваты весом 2 г.

Содержание смолы в газе определяли по формуле

$$g_{см} = \frac{1000 \cdot m}{V_0} \text{ г/нм}^3, \quad (6)$$

где V_0 — объем отобранной пробы газа в л;
 m — содержание смолы в абсорбенте в г.
 Объем пробы газа определяли по уравнению

$$V_0 = V_p \tau \sqrt{\frac{1,2 \cdot 0,29 \cdot (P - p)}{(0,804 + f_2) (\gamma_0 + f_2) (273 + t_2)}}, \quad (7)$$

где V_p — объем пробы сырого газа, определенный по реометру, в л/мин;

P — давление окружающей среды в мм рт. ст.;

p — разрежение газа перед реометром в мм рт. ст.;

t_2 — температура газа перед реометром в °С;

1,2 — удельный вес воздуха при тарировке реометра;

0,804 — удельный вес водяного пара при 0° и 760 мм рт. ст.;

γ_0 — удельный вес газа в кг/нм³ при 0° и 760 мм рт. ст.;

f_2 — влажность газа в кг/нм³;

0,29 — коэффициент, равный $\frac{0,804 \cdot 273}{760}$;

τ — время отбора пробы газа в мин.

Точность определения смолосодержания газа по этой методике составляла ~13%.

Средние показатели содержания смолы в газе, получаемые в газогенераторе ГБ при нормальном расходе газа 95 нм³/час после качания колосниковой решетки, приведены в табл. 12 и 13.

Таблица 12

Содержание смолы в газе из дулевского торфобрикета при нормальном расходе газа

Диаметр горловины в мм	Содержание смолы в газе в г/нм ³	Точность определения в %	Число определений
150	0,31 ± 0,04	12,9	13
160	0,25 ± 0,03	12,0	9
175	0,27 ± 0,4	14,8	9

Таблица 13

Содержание смолы в газе из дулевского торфобрикета после качания колосниковой решетки

Диаметр горловины в мм	Содержание смолы в газе в г/нм ³	Точность определения в %	Число определений
150	0,43 ± 0,08	18	5
160	0,35 ± 0,06	17	6
175	0,86 ± 0,19	22	6

Из приведенных данных можно заключить следующее.

1. Содержание смолы в газе при нормальном расходе его в газогенераторе мало зависит от диаметра горловин. Максимальные значения содержаний смол в газе при диаметре горловин, равном 150 и 175 мм, совпадают с их минимальными значениями при диаметре горловины, равном 160 мм. Величина содержания смолы в газе при нормальном расходе его не превышает 0,3 г/нм³ и находится в нормальных допустимых пределах.

2. После качания колосниковой решетки содержание смолы в газе при горловинах диаметром 150 и 160 мм увеличивается на 38—40% и совпадает при крайнем значении его.

При горловине диаметром 175 мм содержание смолы в газе после качания решетки резко возрастает — до 0,86 г/нм³.

Для снижения содержания смолы в газе диаметр горловины необходимо уменьшить до 160 мм. При этом учитывается также, что вследствие прогара стенок диаметр горловины по времени работы газогенератора увеличивается.

По данным междуведомственных испытаний газогенераторных тракторов ГБ-58 в 1950—1951 гг., диаметр горловины в газогенераторе ГБ при работе на торфобрикетах после 1202 час. увеличился на 14 мм.

В соответствии с проведенными исследованиями могут быть предложены следующие технические условия на торфобрикеты:

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА ТОРФОБРИКЕТЫ

1) Для изготовления торфобрикетов следует применять торф, степень разложения которого не менее 30%.

2) Допустимое содержание золы A^e в сухой массе торфобрикета 8%.

3) Влажность торфобрикета W^p должна быть не более 18%.

4) Температура плавления t_s золы должна быть не ниже 1200°.

- 5) Механическая прочность на изгиб плашмя должна составлять не менее 30 кг/см^2 .
- 6) Форма брикетов допускается любая.
- 7) Размеры торфобрикетов прямоугольной формы по длине и ширине не должны превышать 70 мм , а по высоте $30\text{--}40 \text{ мм}$.
- 8) Допускается примесь $50\text{--}60\%$ расслоившегося торфобрикета и 10% торфяной крошки размером менее 10 мм . Не допускаются посторонние примеси (камни, песок, земля и т. д.).
- 9) При хранении в сухом месте торфобрикетки не должны рассыпаться в течение 6 месяцев.

ВЫВОДЫ

1. Проведенные исследования по газификации торфобрикетов позволили внести необходимые уточнения в технические условия на торфобрикетки, разработанные НАТИ в 1950 г.
 2. Исследованиями установлено большое влияние размеров торфобрикетов на теплотворность газа.
 3. Выявлено влияние механической прочности торфобрикетов на потери углерода с отходами в зольник. На основе полученных результатов исследований выявилась необходимость ввести в технические условия требования механической прочности торфобрикетов. Для торфобрикетов, используемых в газогенераторах, механическая прочность на изгиб плашмя должна составлять не менее 30 кг/см^2 (ГОСТ 5863-51).
 4. Доводочные работы по газогенератору ГБ выявили, что для уменьшения содержания пыли в газе боковая решетка должна быть конусной, а для уменьшения содержания смолы диаметр горловины следует уменьшить до 160 мм .
 5. Устранение скопления угольной мелочи и золы из торфяного кокса вокруг камеры привело к снижению и выравниванию сопротивления газогенератора, в связи с чем пользование качающейся колосниковой решеткой необходимо только для сбрасывания зольного торфяного кокса в зольник.
- Периодичность сбрасывания зависит от зольности исходного топлива и при содержании золы $A^c = 8\text{--}10\%$ составляет $30\text{--}40$ мин.
- В проведении экспериментальных работ принимали участие младшие научные сотрудники Н. Н. Рябов, М. Д. Стариков, аспирант А. Н. Алабовский и канд. техн. наук Е. Н. Фирсанова, которым автор выражает свою признательность за сотрудничество.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по торфу, Госэнергоиздат, 1944.
2. Тюремнов С. Н., Торфяные месторождения, Гостоптехиздат, 1940.

Канд. техн. наук В. Ф. ДРОЗДОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЦИКЛОНОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗА В ТРАКТОРНЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВКАХ

В работе рассматривается влияние отдельных параметров циклона на эффективность его работы.

Статья содержит также литературный обзор работ по исследованию циклонов (центробежных очистителей) и результаты экспериментальных исследований различных вариантов циклонов, проведенных в лаборатории очистки газа НАТИ.

Как известно, циклоны применяют в качестве пылеотделителей очень давно, однако мы не имеем достаточных данных, характеризующих влияние различных конструктивных особенностей циклона на его эффективность (степень очистки) и гидравлическую характеристику.

Для получения этих данных были проведены исследования, позволившие выяснить влияние основных конструктивных элементов циклона на степень очистки газа и гидравлическую характеристику циклона.

При проведении испытаний необходимо было выявить влияние на степень очистки газа: а) расхода газа, б) начальной концентрации пыли, в) высоты выпускной трубы, г) угла раскрытия конуса α при постоянной и переменной высоте цилиндрической части циклона, д) изменения диаметра цилиндрической части различной высоты и е) скорости газа в выпускной трубе.

Исследования были проведены на специально запроектированных экспериментальных циклонах, имевших следующее конструктивное оформление.

Направляющим аппаратом для тангенциального ввода газа в циклон была принята улитка. Это вызвано стремлением увеличить момент количества движения газа.

Для выпрямления потока газа при выходе из циклона выпускная труба заканчивалась также специальной улиткой.

Цилиндрическая часть циклона была выполнена отъемной. Конусы циклонов были сделаны съемными.

Размеры экспериментальных циклонов изменялись в следующих пределах:

Диаметр цилиндрической части циклонов составлял $220, 150$ и 125 мм .

Выпускные трубы выполнялись диаметром 110 и 72 мм и высотой 125, 250 и 350 мм. Большшему диаметру цилиндрической части соответствовал и больший диаметр выпускной трубы.

Входные и выходные патрубки — переходы к подводящим и отводящим трубопроводам во всех циклонах были одинакового размера (76 × 44 мм).

Угол раскрытия конусов циклонов изменялся от 20 до 40°.

Методика проведения испытаний циклонов состояла в следующем.

1. Определение влияния на степень очистки и гидравлическое сопротивление циклона расхода газа измерением содержания пыли и разрежения до и после циклона при переменном расходе запыленного воздуха.

2. Определение влияния на степень очистки и гидравлическое сопротивление начальной концентрации пыли измерением содержания пыли и разрежения запыленного воздуха до и после циклона при различных начальных концентрациях пыли.

3. Определение влияния на степень очистки газа и гидравлическое сопротивление циклона высоты выпускной трубы, угла раскрытия конуса при постоянной и переменной высоте цилиндрической части, диаметра цилиндрической части при постоянной и переменной высоте и скорости в выпускной трубе путем измерения содержания пыли и статического давления до и после циклонов после внесения в последние соответствующих конструктивных изменений.

Все испытания проводили на установке искусственного запыливания. Для запыливания воздуха применяли пыль из циклона действующей газогенераторной установки, вырабатывающей газ из тоотсинских торфобрикетов; насыпной вес пыли 390 г/л, зольность 74%.

Искусственное запыливание воздуха проводили следующим образом: навеску укладывали на гладкий щит с сеткой, число делений которой соответствует требуемой концентрации пыли, отбираемой в течение 30 сек. При помощи резинового шланга диаметром 10 мм пыль в трубопровод отсасывалась и поступала во входную трубу испытываемого циклона.

Время отбора навески пыли не превышало 6 мин. В течение этого времени с помощью трубок, установленных до и после циклона, запыленный воздух пропускали через воронки Мартиуса с вложенными в них бумажными фильтрами.

По каждому варианту производили не менее пяти опытов, по которым определяли средние величины.

Кроме измерения содержания пыли до и после циклона с помощью газоотборных трубок, степень очистки газа в циклонах определяли взвешиванием пыли, задержанной циклоном.

Степень очистки газа в циклоне по измерениям содержания пыли до и после циклона определяли из выражения

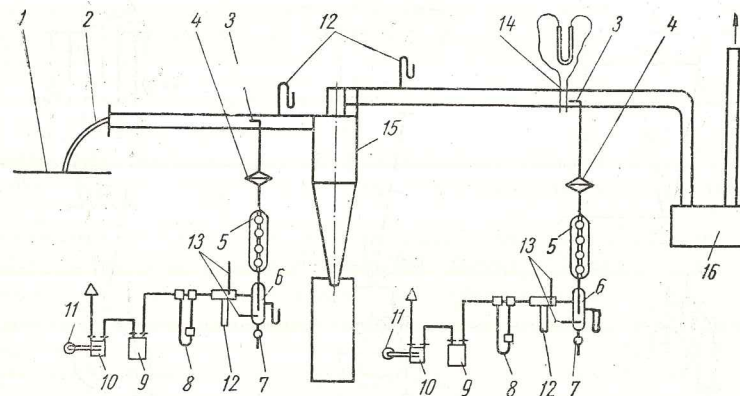
$$\eta = \frac{c_n - c_k}{c_n} 100\%,$$

где c_n и c_k — содержание пыли до и после циклона в г/м³, отнесенное при данном исследовании к 1 м³ сухого нормального воздуха.

Степень очистки газа в циклоне по измерениям количества пыли, вынутой из бункера циклона, определяли по формуле

$$\eta_1 = \frac{g_{n2}}{g_{n1}} 100\%,$$

где g_{n1} — количество пыли в г, поданное в циклон за время τ мин.;
 g_{n2} — количество пыли в г, уловленное циклоном за время τ мин.



Фиг. 1. Схема установки по испытанию циклонов методом искусственного запыливания:

7 — пылевая площадка; 2 — шланг-пылепитатель; 3 — газоотборная трубка; 4 — воронка; 5 — холодильник; 6 — влагоотделитель; 7 — сборник конденсата; 8 — реометр; 9 — ресивер; 10 — вакуум-насос; 11 — электродвигатель; 12 — пьезометры; 13 — термометры; 14 — диафрагма; 15 — циклон; 16 — вакуумный насос РМН-3.

Общая схема экспериментальной установки с указанием измерительной аппаратуры показана на фиг. 1.

ВЛИЯНИЕ РАСХОДА ГАЗА НА СТЕПЕНЬ ОЧИСТКИ И ГИДРАВЛИЧЕСКУЮ ХАРАКТЕРИСТИКУ ЦИКЛОНОВ

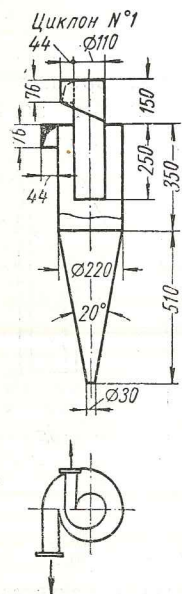
Изменение расхода газа связано с изменениями скорости его в трактах циклона.

П. Н. Смухнин и П. А. Коузов [7] указывают, что при увеличении входной скорости газа в циклоне происходит осаждение частиц пыли малого диаметра. Однако при входной скорости, превышающей 20—25 м/сек, увеличение степени очистки не наблюдается; гидравлическое же сопротивление циклона резко возрастает.

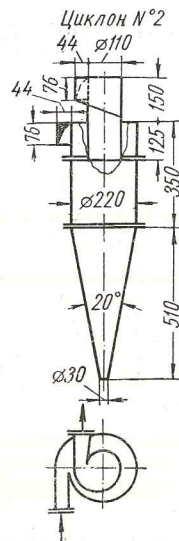
П. Н. Каменев [6] входную скорость в циклон принимает равной 16 м/сек, а окружную скорость в цилиндре в 1,4 раза меньше входной скорости.

Р. М. Ладыженский [3] приводит таблицу входных скоростей в пределах 12—18 м/сек для циклонов типа ЛИОТ.

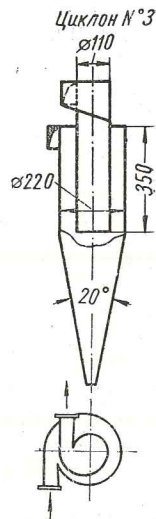
В. В. Батурин [1] указывает, что скорость входа воздушного потока в циклон следует принимать в пределах от 10 до 25 м/сек. При скоростях, превышающих 30 м/сек, степень очистки газа уменьшается.



Фиг. 2. Схема циклона № 1 для определения влияния расхода газа на степень очистки газа.



Фиг. 3. Схема циклона, имеющего угол раскрытия $\alpha = 20^\circ$.



Фиг. 4. Схема циклона № 3, испытанного для установления влияния высоты выпускной трубы на степень очистки и гидравлическое сопротивление циклона.

С. Е. Бутаков [2] за оптимальную входную скорость принимает 18 м/сек.

Как видно из приведенных данных, расход газа влияет на степень очистки и гидравлическую характеристику циклона, а входные скорости газа следует принимать порядка 18 м/сек.

Влияние расхода газа на степень очистки исследовали на циклоне № 1 с высотой цилиндрической части 350 мм, с углом раскрытия конуса, равным 20° , и высотой выпускной трубы $h = 250$ мм (фиг. 2). Степень очистки газа в циклоне определяли при расходе 116, 189 и 251 м³/час.

Результаты испытаний представлены в табл. 1.

Из результатов испытаний следует, что расход влияет на степень очистки газа циклоном.

Особенно сильно это влияние сказывается на конечном содержании пыли в газе. Так, при снижении расхода газа более чем в

Таблица 1

Влияние расхода газа на степень очистки

Расход газа $V_{с.г}$ в м ³ /час	Входная скорость в м/сек	Содержание пыли в г/м ³		Степень очистки η в %	Сопротивление $h_{ц}$ в мм вод. ст.
		Начальное c_H	Конечное c_K		
116	9,5	3,90	0,556	85,5	45
185	15,5	2,90	0,196	93,0	100
251	20,4	3,27	0,210	98,5	170

2 раза степень очистки снизилась на 8%, а конечное содержание пыли увеличилось примерно в 2,5 раза. Влияние расхода газа на гидравлическое сопротивление характеризуется формулой

$$h_{ц} = 0,003V_{с.г}^2 \text{ мм вод. ст.},$$

ВЛИЯНИЕ НАЧАЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ПЫЛИ НА СТЕПЕНЬ ОЧИСТКИ И ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ЦИКЛОНОВ

Частицы пыли имеют те или иные электрические заряды. При движении пыли в трактах циклона частицы, заряженные разноименно, будут коагулироваться. Очевидно, что чем больше пыли в потоке газа, тем надежнее будут условия для коагулирования частиц.

На основании сказанного П. Н. Смухнин и П. А. Коузов [7] сделали предположение, что увеличение концентрации пыли может при некоторых обстоятельствах повлиять на улучшение степени очистки воздуха в циклоне.

В. В. Батурин [1] считает, что начальное содержание пыли мало влияет на степень очистки газа в циклоне. Другие авторы не рассматривают этот вопрос.

Влияние начальной концентрации пыли на степень очистки газа в циклоне и гидравлическое сопротивление исследовалось на циклоне № 2 (фиг. 3) и на циклоне № 3 (фиг. 4), отличавшемся от циклона № 2 высотой выпускной трубы, увеличенной до 350 мм.

Степень очистки газа в циклоне определяли при расходе 250 м³/час и начальной концентрации 1—5 г/м³, что соответствует обычному начальному содержанию пыли в газе в действующих газогенераторах.

Результаты испытаний представлены в табл. 2.

Из таблицы следует, что начальная концентрация пыли в генераторных установках практически не оказывает влияния на степень очистки циклона. Следовательно, при одном значении степени очистки конечная концентрация пыли может иметь большое расхождение значений и увеличиваться с повышением уноса пыли из газогенератора. Поэтому задача всемерного уменьшения уноса пыли из газогенератора является одной из важнейших при разработке его конструкции.

Таблица 2

Влияние начальной концентрации пыли на степень очистки газа в циклоне

Циклон	Расход газа $V_{c,2}$ в $м^3/час$	Содержание пыли в $г/м^3$		Степень очистки η в %
		Начальное c_H	Конечное c_K	
№ 2 (фиг. 3)	250	0,929	0,078	91,7
	250	3,79	0,322	91,5
№ 3 (фиг. 4)	251	2,53	0,164	93,5
	250	3,39	0,410	84,9
	237	5,67	0,548	90,3

Исследование влияния начальной концентрации пыли на гидравлическое сопротивление циклона показало, что при изменении содержания пыли в пределах 1—5 $г/м^3$ это сопротивление не изменяется.

ВЛИЯНИЕ ВЫСОТЫ ВЫПУСКНОЙ ТРУБЫ НА СТЕПЕНЬ ОЧИСТКИ И ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ЦИКЛОНОВ

П. Н. Смухнин и П. А. Коузов [7] на основании экспериментальных исследований установили, что уменьшение глубины опускания выпускной трубы в циклоне ухудшает очистку и что поэтому выпускную трубу целесообразно доводить непосредственно до начала конической части циклона.

В. В. Батулин [1] и Г. А. Максимов [5] считают, что степень очистки воздуха от пыли увеличивается при доведении внутренней выпускной трубы до конической части циклона.

В. В. Батулин [1] указывает, что высота цилиндрической части (и выпускной трубы) циклона выбирается так, чтобы воздушный поток совершил в ней три полных оборота, однако винтообразное движение в циклоне сохраняется и в том случае, если внутреннюю трубу совершенно удалить; при этом степень очистки снижается на 4—5% и вместе с этим снижается гидравлическое сопротивление циклона.

Проф. П. Н. Каменев [6], делая попытку обосновать расчетом высоту цилиндрической части (и высоту выпускной трубы), находит, что она должна быть такой, чтобы обеспечить шесть оборотов (витков) газового потока в полости между цилиндром и выпускной трубой циклона. Высота каждого витка может быть принята равной высоте прямоугольного канала перед входом в циклон.

В циклоне НИОГАЗ-НАМИ высота выпускной трубы составляет 60% от высоты цилиндрической части циклона.

На основании изложенного можно заключить, что в циклонах с развитой цилиндрической частью выпускную трубу следует доводить до начала конической части.

Данных о влиянии высоты выпускных труб на гидравлическое сопротивление циклона не опубликовано.

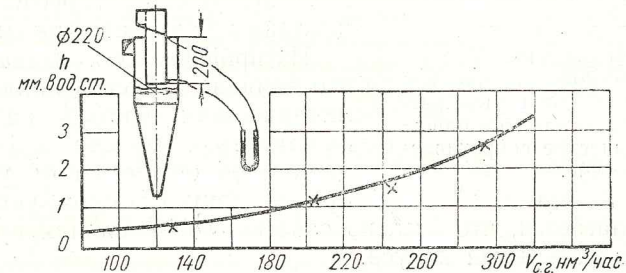
Влияние высоты выпускной трубы на степень очистки газа и гидравлическое сопротивление исследовались на циклоне № 1 (фиг. 2), циклоне № 2 (фиг. 3) и на циклоне № 3 (фиг. 4).

Таблица 3

Влияние высоты выпускной трубы циклона на степень очистки газа и гидравлическое сопротивление

Циклон	Высота выпускной трубы в мм	Расход газа $V_{c,2}$ в $м^3/час$	Содержание пыли в $г/м^3$		Степень очистки η в %	Сопротивление h_c в мм вод. ст.
			Начальное c_H	Конечное c_K		
№ 1 (фиг. 2)	125	254	1,645	0,158	90,4	175
	125	186	2,140	0,126	94,0	95
№ 2 (фиг. 3)	250	257	2,630	0,179	93,2	175
	250	199	2,730	0,152	94,2	110
№ 3 (фиг. 4)	350	251	3,270	0,210	93,5	170
	350	189	2,900	0,196	93,0	100

Результаты испытаний представлены в табл. 3. Из таблицы следует, что высота выпускной трубы не имеет того существенного



Фиг. 5. Гидравлическое сопротивление выпускной трубы диаметром 110 мм циклона № 2.

влияния на изменение степени очистки, которое придается ей в приведенных выше высказываниях ряда авторов. Нужно, однако, учитывать, что наше исследование проведено на одном циклоне при неизменном отношении площади сечения выпускной трубы и сечения цилиндрической части, т. е. при $\frac{d_1}{d_2} = \text{const}$, где d_1 — диаметр выпускной трубы и d_2 — диаметр ее цилиндрической части.

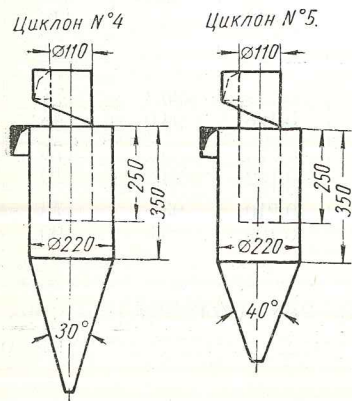
Чрезвычайно интересно, что гидравлическое сопротивление циклона при трех вариантах высот выпускных труб практически остается неизменным.

Сказанное подтверждается специально проведенным испытанием по определению сопротивления трения выпускной трубы диа-

метром 110 мм, которое показало ничтожно малое его значение (см. фиг. 5). Сопروتивление участка трубы длиной 200 мм при расходе воздуха 300 м³/час составляло всего 3 мм вод. ст.

ВЛИЯНИЕ УГЛА РАСКРЫТИЯ КОНУСА ЦИКЛОНА НА СТЕПЕНЬ ОЧИСТКИ ГАЗА

В. В. Батурин [1] и Г. А. Максимов [5] указывают, что при уменьшении угла при вершине конуса, а следовательно при увеличении длины конической части циклона, степень очистки увеличивается. В циклонах ЛИОТ угол раскрытия конуса равен 40°.



Фиг. 6. Схемы циклонов № 4 и 5 с цилиндрической частью для исследования влияния угла раскрытия конуса на степень очистки и гидравлическое сопротивление.

Предполагается, что степень очистки увеличивается при уменьшении угла раскрытия конуса.

П. Н. Смухнин и Н. А. Коузов [7] считают, что величина угла раскрытия конуса циклона остается невыясненной. Встречаются циклоны с углом раскрытия конуса 60, 50 и 45°.

С. Е. Бутаков [2] рекомендует применять циклоны с углами раскрытия конуса 20—30°.

Г. А. Максимов [5] указывает, что сопротивление циклона уменьшается с уменьшением угла раскрытия конуса. Проф. П. Н. Камнев [6] угол раскрытия конуса циклона принимает равным 30—40°.

Из приведенного обзора следует, что влияние конуса в циклоне с цилиндрической частью на степень очистки газа изучено недостаточно: данные об оптимальном угле раскрытия конуса отсутствуют.

Таблица 4

Влияние угла раскрытия конуса на степень очистки газа и гидравлическое сопротивление

№ циклона	Угол раскрытия конуса в град.	Расход газа $V_{c, g}$ в м ³ /час	Содержание пыли в г/м ³		Степень очистки η в %	Сопротивление $P_{ц}$ в мм вод. ст.
			Начальное c_n	Конечное c_k		
1 (фиг. 2)	20	257,0	2,63	0,179	93,2	170,0
	20	199,0	2,73	0,152	94,2	115,0
4 (фиг. 6)	30	250,0	3,71	0,234	93,5	—
	30	186,0	3,65	0,240	93,4	—
5 (фиг. 6)	40	256,0	3,88	0,253	93,5	165,0
	40	188,9	3,53	0,251	93,0	105,0

Влияние угла раскрытия конуса (при сохранении постоянной высоты цилиндрической части циклона) на степень очистки и гидравлическое сопротивление исследовали на циклонах № 1, 4 и 5 конусами, имевшими углы раскрытия 20, 30 и 40° и высоту выпускной трубы, равную 250 мм (фиг. 6).

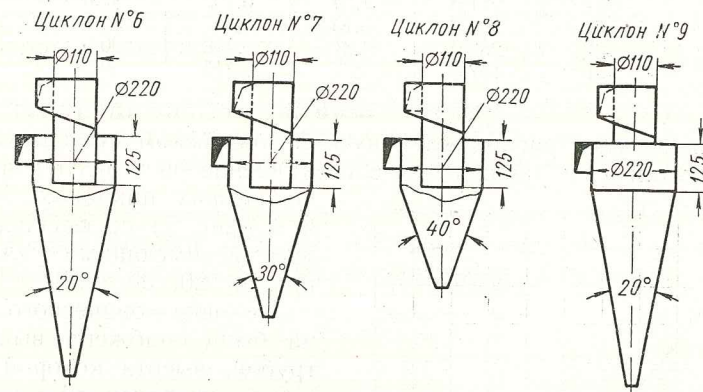
Результаты испытаний представлены в табл. 4.

Из таблицы следует, что угол раскрытия конуса при сохранении постоянной высоты цилиндрической части практически не влияет на степень очистки и гидравлическое сопротивление циклона.

Это обстоятельство можно использовать при конструировании циклонов в тракторных установках; для сокращения габаритов циклона (уменьшения высоты) следует предпочесть циклон с конусом, имеющим угол раскрытия $\alpha = 40^\circ$.

ВЛИЯНИЕ УГЛА РАСКРЫТИЯ КОНУСА НА СТЕПЕНЬ ОЧИСТКИ ГАЗА И ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ В КОНИЧЕСКИХ ЦИКЛОНАХ

Данных о работе конических циклонов, имеющих в качестве основных рабочих трактов конус, в литературе нет, за исключением



Фиг. 7. Схемы конического циклона для исследования влияния угла раскрытия конуса на степень очистки газа и гидравлическое сопротивление.

упомянутой выше работы С. Е. Бутакова [2], который на основе экспериментальных данных и теоретических выкладок пришел к выводу, что при отсутствии цилиндрической части степень очистки газа в циклоне выше, чем при наличии ее, и η возрастает при удлинении конической части циклона.

Анализ имеющихся материалов показывает, что конические циклоны, не имеющие цилиндрической части, имеют меньшие по сравнению с цилиндрическими габариты и, следовательно, имеют меньший вес.

Конические циклоны при их большей эффективности могут найти применение в технике очистки генераторного газа, вырабатываемого в тракторных установках.

В запроектированных нами экспериментальных циклонах была предусмотрена возможность переоборудования их в конические циклоны.

Укороченная цилиндрическая часть в коническом циклоне явилась необходимым конструктивным элементом для подвода газа в циклон.

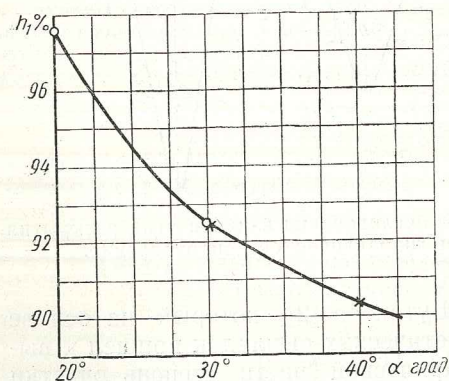
Исследования влияния угла раскрытия конуса в коническом циклоне должны одновременно разрешить вопрос о возможности и целесообразности их применения.

Таблица 5

Влияние угла раскрытия конуса в конических циклонах на степень очистки газа и гидравлическое сопротивление

№ циклона	Угол раскрытия конуса в град.	Расход газа $V_{c.г}$ в $м^3/час$	Содержание пыли в газе в $г/м^3$		Степень очистки η в %	Сопротивление $h_{ц}$ в мм вод. ст.
			Начальное c_n	Конечное c_k		
6	20	182,0	6,59	0,155	97,6	112
7	30	251,0	2,54	0,192	92,0	195
7	30	185,5	3,13	0,207	93,1	116
8	40	253,0	4,81	0,458	90,5	200
8	40	187,0	4,32	0,415	90,3	117

Влияние угла раскрытия конуса в коническом циклоне на степень очистки и гидравлическое сопротивление было исследовано на конических циклонах № 6, 7 и 8 (фиг. 7) со сменными конусами, имеющими углы раскрытия 20, 30 и 40°.



Фиг. 8. Влияние угла раскрытия конуса в коническом циклоне на степень очистки.

Головка конического циклона была снабжена выпускной трубой, высота которой равна высоте укороченной цилиндрической части циклона.

Результаты испытаний представлены в табл. 5.

Из таблицы видно, что конические циклоны имеют сравнительно высокую степень очистки, причем степень очистки повышается с уменьшением угла раскрытия конуса

(фиг. 8), а гидравлическое сопротивление практически не зависит от угла раскрытия конуса при изменении α в пределах 20—40° и может быть представлено эмпирической формулой

$$h_{ц} = 0,003V_{c.г}^2 \text{ мм вод. ст.}$$

где $V_{c.г}$ — расход газа в $м^3/час$.

Большой интерес представляет влияние выпускной трубы на степень очистки газа и гидравлическое сопротивление. С этой целью было проведено испытание конического циклона, у которого была удалена выпускная труба (циклон № 9).

Результаты испытаний представлены в табл. 6.

Таблица 6

Данные по очистке газа в коническом циклоне без выпускной трубы (циклон № 9)

Расход газа $V_{c.г}$ в $м^3/час$	Содержание пыли в $г/м^3$		Степень очистки η в %	Сопротивление $h_{ц}$ в мм вод. ст.
	Начальное c_n	Конечное c_k		
249,0	3,76	0,447	88,0	116
249,0	4,47	0,448	90,0	116

Из таблицы видно, что степень очистки конического циклона без выпускной трубы снижается; видимо, предположение о том, что выпускная труба уменьшает опасность уноса пыли в вытяжное отверстие, подтверждается.

ВЛИЯНИЕ ДИАМЕТРА ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ И СКОРОСТИ В ВЫПУСКНОЙ ТРУБЕ НА СТЕПЕНЬ ОЧИСТКИ И ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ЦИКЛОНОВ

Из обзора упомянутых выше литературных источников следует, что степень очистки от пыли в циклоне является прежде всего функцией центробежной силы, выражаемой формулой

$$P = \frac{mv^2}{r},$$

где m — масса пылинок;

v — скорость вращения воздушного потока внутри полости циклона;

r — радиус вращения пыли.

Из формулы видно, что степень очистки газа в циклоне возрастает:

а) с увеличением массы пылинок, которые отделяются в циклоне, т. е. с увеличением удельного веса вещества, из которого образовалась пыль, а при данном удельном весе — с увеличением размера пылинок;

б) с увеличением скорости вращения воздушного потока внутри полости циклона;

в) с уменьшением радиуса вращения пылинок, т. е. с уменьшением размера циклона;

Учитывая эти положения, скорость входа в циклон рекомендуется принимать в пределах 12—25 м/сек и тем больше, чем

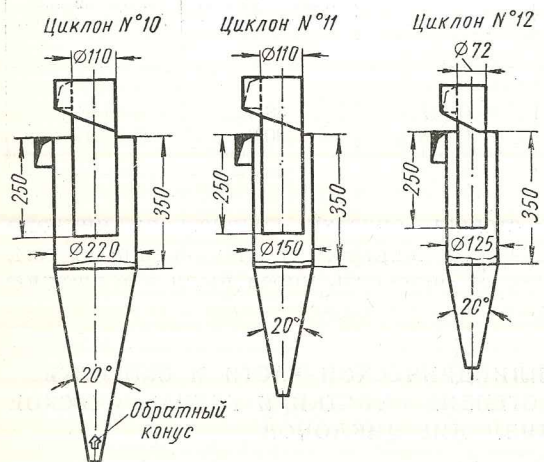
меньше и легче частицы пыли, которые требуется отделить. Однако следует помнить, что сопротивление циклона пропорционально величине v , поэтому скорость следует выбирать оптимальную, т. е. обеспечивающую достаточно эффективное задержание пыли и экономически допустимый расход энергии на преодоление потери давления при проходе газа в установке циклона.

П. Н. Смухнин и П. И. Коузов [7] указывают, что точных указаний для выбора диаметра выпускной трубы не имеется и что соотношения диаметров выпускных труб циклонов с диаметром циклона весьма разнообразны. Те же авторы сообщают, что скорость воздуха в выпускной трубе следует брать в пределах 4—8 м/сек.

П. Н. Каменев [6] принимает скорость в выпускной трубе $v = 6$ м/сек.

А. Е. Львович [4] считает, что скорость движения воздуха во внутренней трубе, через которую он выходит из циклона, зависит от характера материала. При наличии мелкого и пыльного материала эта скорость должна быть равна 1,5—2 м/сек.

Из изложенного вытекает, что:



Фиг. 9. Схемы циклонов для исследования влияния диаметра цилиндрической части и скорости в выпускной трубе на степень очистки газа и гидравлическое сопротивление.

а) степень очистки газа в циклонах повышается с уменьшением радиуса вращения пыли, следовательно, диаметр выпускной трубы должен быть как можно меньше; уменьшение диаметра выпускной трубы ограничивается увеличением сопротивления циклона;

б) снижение скорости в выпускной трубе препятствует уносу пыли из циклона, но ведет к увеличению наружного диаметра циклона.

Таким образом, наиболее эффективным циклоном является тот, у которого радиусы наружного цилиндра и внутренней выпускной трубы будут оптимальными.

Исследования влияния диаметров цилиндрической части и скорости в выпускной трубе на степень очистки газа и гидравлическое сопротивление были проведены на циклонах № 10, 11 и 12 (фиг. 9), основные размеры которых приведены в табл. 7.

Размеры циклона № 10 и 11 одинаковы, но циклон № 10 имеет обратный конус в нижней части.

Таблица 7

Основные размеры циклонов с переменными диаметрами цилиндрической части и выпускных труб

№ циклона	Диаметр в мм		Высота в мм	
	цилиндра	выпускной трубы	цилиндрической части	выпускной трубы
10	220	110	350	250
11	150	110	350	250
12	125	72	350	250

Высота выпускных труб и цилиндрической части была одинакова и равна соответственно 350 и 250 мм. Все циклоны исследовали с конусами, имеющими угол раскрытия $\alpha = 20^\circ$.

Результаты испытаний представлены в табл. 8.

Таблица 8

Степень очистки газа и гидравлическое сопротивление циклонов в зависимости от диаметра цилиндрической части и выпускной трубы

№ циклона	Расход газа V в м ³ /час	Содержание пыли в г/м ³		Степень очистки η в %	Сопротивление $R_{гд}$ в мм вод. ст.
		Начальное c_n	Конечное c_k		
10	257,0	2,63	0,179	93,2	168
11	252,0	2,68	0,232	91,0	175
12	253,0	3,82	0,169	95,5	300

Из табл. 8 видно, что степень очистки газа в циклоне № 10 больше, чем в циклоне № 11, несмотря на то, что диаметр цилиндра первого циклона больше. Объясняется это тем, что в месте присоединения конуса циклона к пылесборному бункеру был установлен обратный конус.

По результатам испытания циклонов № 11 и 12 видно, что уменьшение диаметра цилиндра (в связи с уменьшением диаметра выпускной трубы) способствует увеличению степени очистки газа в циклоне.

Гидравлическое сопротивление циклона заметно возрастает с уменьшением диаметра цилиндра. Следовательно, целесообразность установки того или иного типа циклона нельзя определить только по одной величине степени очистки газа.

ВЛИЯНИЕ ДИАМЕТРА УКРОЧЕННОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ В КОНИЧЕСКОМ ЦИКЛОНЕ И СКОРОСТИ В ВЫПУСКНОЙ ТРУБЕ НА СТЕПЕНЬ ОЧИСТКИ ГАЗА И ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ЦИКЛОНОВ

Исследования влияния диаметров укороченной цилиндрической части конического циклона и скорости в выпускной трубе этих циклонов на степень очистки и гидравлическое сопротивление были проведены на циклонах № 13, 14 и 15 (фиг. 10).

Величины диаметров укороченных цилиндров и выпускных труб в конических циклонах представлены в табл. 9.

Таблица 9

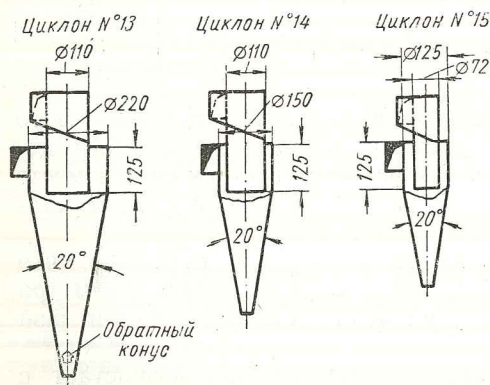
Размеры циклонов № 13, 14 и 15

№ циклона	Диаметр в мм		Высота в мм	
	цилиндра	выпускной трубы	цилиндрической части	выпускной трубы
13	220	110	125	125
14	150	110	125	125
15	125	72	125	125

Высоты весьма укороченной цилиндрической части и выпускных труб были одинаковы. Все циклоны исследовали с конусами, имеющими угол раскрытия $\alpha = 20^\circ$.

Результаты испытаний представлены на фиг. 11 и в табл. 10.

Из таблицы видно, что степень очистки газа в циклоне № 13 больше, чем в циклоне № 14, несмотря на то, что диаметр цилиндра в первом циклоне больше. Объясняется

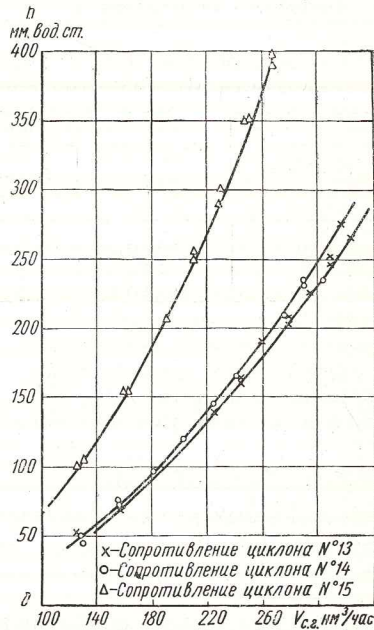


Фиг. 10. Схемы конических циклонов для исследования влияния диаметра цилиндрической части и скорости в выпускной трубе на степень очистки и гидравлическое сопротивление.

это тем, что в месте присоединения конуса циклона к пылесборному бункеру был установлен обратный конус.

По результатам испытания циклонов № 13 и 14 видно, что уменьшение диаметра весьма укороченной части цилиндра способствует увеличению эффективности циклона.

Гидравлическое сопротивление заметно возрастает с уменьшением диаметра цилиндра (фиг. 11).



Фиг. 11. Гидравлическое сопротивление конических циклонов с конусом, имеющим угол раскрытия $\alpha = 20^\circ$.

Таблица 10

Влияние диаметра цилиндрической части конических циклонов на степень очистки газа и гидравлическое сопротивление

№ циклона	Расход газа $V_{c.g.}$ в $м^3/час$	Содержание пыли в $г/м^3$		Степень очистки η в %	Сопротивление h_c в мм вод. ст.
		Начальное c_n	Конечное c_k		
13	250,0	3,79	0,222	91,4	172,0
14	250,0	3,12	0,426	86,4	166,0
15	250,0	3,92	0,263	93,3	340,0

ВЫВОДЫ

В результате исследования экспериментальных циклонов установлено:

1. При увеличении входной скорости в циклон с 9,5 м/сек до 20,4 (путем изменения расхода воздуха) степень очистки газа в циклоне увеличивается с 85,5 до 93,5%, а гидравлическое сопротивление — с 45 до 170 мм вод. ст.

2. Начальная концентрация пыли в пределах с 1 до 5 $г/м^3$ не оказывает влияния на степень очистки газа и гидравлическое сопротивление.

3. В циклонах с развитой цилиндрической частью высота выпускной трубы практически не влияет на степень очистки газа и гидравлическое сопротивление.

4. В циклонах с развитой цилиндрической частью угол раскрытия конуса не оказывает влияния на степень очистки и гидравлическое сопротивление циклона.

5. В конических циклонах с укороченной цилиндрической частью степень очистки повышается с уменьшением угла раскрытия. Гидравлическое сопротивление циклона практически не зависит от угла раскрытия конуса.

6. С уменьшением диаметра цилиндрической части и выпускной трубы циклона увеличивается степень очистки газа; гидравлическое сопротивление циклона при этом также увеличивается.

7. С уменьшением диаметра укороченной цилиндрической части конусного циклона увеличивается степень очистки газа; гидравлическое сопротивление циклона при этом также увеличивается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Батурин В. В., Основы промышленной вентиляции, Профиздат, 1951.
2. Бутаков С. Е., Аэродинамика систем промышленной вентиляции, Профиздат, 1949.
3. Ладыженский Р. М., Вентиляция, Госстройиздат, 1940.
4. Львович А. Е., Пневматический транспорт на текстильных предприятиях, Гизлегпром, 1937.
5. Максимов Г. А., Отопление и вентиляция, ч. II, Вентиляция, Стройиздат, 1949.
6. Мойер Д., Кондиционирование воздуха, Пищепромиздат, 1940 [см. дополнение к книге, написанное проф. П. Н. Каменевым].
7. Смухнин П. Н. и Коузов П. А., Центробежные пылеотделители циклоны, ОНТИ, 1935.

СОДЕРЖАНИЕ

Инж. М. Д. Стариков, Газогенераторные тракторы ГБ-58 и ГТ-58	3
Инж. Н. Г. Юдушкин, Исследование газификации торфобрикетов . .	23
Канд. техн. наук В. Ф. Дроздов, Исследование работы циклонов для очистки газа в тракторных газогенераторных установках	49

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть
14	Табл. 2, графа 7 (в шапке)	Скорость в км	Скорость в км/час
36	18 снизу	от бункера в камере	от бункера к камере
44	Подпись под фиг. 16, строка 6 снизу	18 — бачок водяного насоса скруббера	18 — бачок скруббера
53	Табл. 1, графа 5 1-я снизу	93,5	93,5
53	Табл. 1, графа 5, 2-я снизу	93,0	93,2
62	5-я снизу	№ 13	№ 15

НАТИ, вып. 13. Зак. 2590.

НАТИ, выпуск 13

ГАЗИФИКАЦИЯ И ОЧИСТКА ГАЗА В ТРАКТОРНЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВКАХ

Редактор издательства М. Д. Штейнгарт

Технический редактор Е. Н. Матвеева

Корректор Л. Ф. Никифорова

Сдано в производство 26/IX 1955 г. Подписано к печати 5/II 1956 г. Т-0304.
Тираж 2000 экз. Печ. л. 4. Уч.-изд. л. 4,5. Бум. л. 2. Формат 60×92¹/₁₆ Зак. 2590.

1-я типография Машгиза, Ленинград, ул. Моисеенко, 10.

DR-3