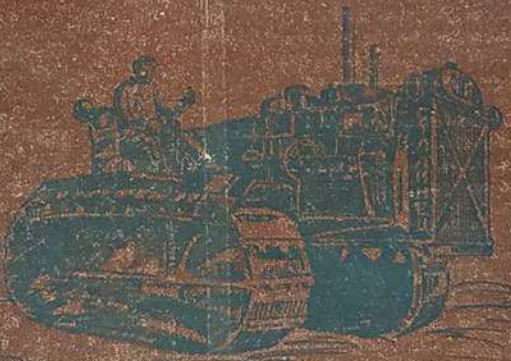


Мотор



Новый трактор ЧТЗ им. Сталина

МАЙ № 5

ОГИЗ—Гострансиздат

Мотор



Новый трактор ЧТЗ им. Сталина

№ 10

Гострансиздат

Газогенераторы
в журнале
"Мотор"

НОЯБРЬ № 11

ОГИЗ—Гострансиздат
МОСКВА



РОСТ АВТОСТРОЕНИЯ В СССР

Мотор



1933

ИЮНЬ № 6

ОГИЗ—Гострансиздат
МОСКВА

СЖАТЫЙ ГАЗ КАК ТОПЛИВО В АВТОТРАНСПОРТЕ

«Проблема рационального разрешения топливного хозяйства может быть разрешена только использованием всех топливных ресурсов страны, в том числе и всех топливных ресурсов местного характера. Это становится особенно важной задачей в связи с тем огромным планом роста потребления энергии, который является следствием плана «развития нашего народного хозяйства».

(Из тезисов автотракторной топливной конференции, 1930 г.).

Проблема использования сжатого газа, как горючего для автомотора, впервые была поднята в Англии в конце мировой войны в связи с острым недостатком жидкого топлива. На улицах Лондона тогда впервые появились автомобили и даже мотоциклы, снабженные большими мешками со светильным газом, который набирался прямо из магистрали газового освещения города.

Однако по причине колоссальных объемов, какие занимал газ в свободном состоянии, применение его как горючего для автодвигателей не получило тогда дальнейшего развития и прекратилось сразу же после окончания войны.

Спустя несколько лет, проблема использования сжатых газов возродилась снова. Газовые автомобили стали все чаще появляться в Англии, Франции и Германии, то есть в странах, не располагающих (в пределах метрополий) собственной нефтью и где, следовательно, выгодность эксплуатации автомобиля на газе безусловна.

В отличие от автомобилей военного времени, на этих автомобилях запасы газа содержались уже не в матерчатых мешках, а в стальных баллонах, позволяющих хранить газ под давлением до 150—200 ат.

Газовая установка. Вся газовая установка автомобиля чрезвычайно проста; она состоит из одного или нескольких стальных баллонов, наполненных газом, редуктора и смесителя. Газ поступает из баллонов в редуктор, в котором давление его снижается почти до атмосферного, после чего направляется в смеситель, где смешивается с воздухом, образуя взрывчатую смесь, которая и поступает в цилиндры двигателя (рис. 1 и 2).

Баллоны и зарядка их. Большой вес баллонов, доходивший до одной тонны для каждого баллона, служил до сих пор крупным препятствием для широкого распространения газового автомобиля. Однако за последнее время в этом направлении достигнуты довольно благоприятные результаты. От тяжелых, массивных баллонов, какие употребляются обычно при кислородно-ацетиленовой сварке и какие применялись вначале на газовых автомобилях, перешли теперь к легким хромо-никелевым баллонам. Чтобы дать представление о том, насколько большой выигрыш в весе получается при употреблении баллонов из хромо-никелевой стали, достаточно будет привести следующие сравнительные цифры: баллон обычного типа вместимостью в 63 л весит 770 кг, тогда как хромо-никелевый баллон вместимостью 48 л весит всего 52 кг. Таким образом, вес, приходящийся

Инж. Г. ГУЛЯЕВ

на один литр объема во втором случае снижен в 11 раз.

Еще более прочные и легкие баллоны были выпущены в 1932 г. английской фирмой Армстронг. Эти баллоны размером 1789×200 мм изготавливаются из спе-

жения такого порядка как 40 т на кв. дюйм (6300 кг/см^2).

Надо полагать, что вес баллонов будет еще более снижен в результате работ, проводимых в этом направлении за границей.

Второй задачей, от разрешения которой зависит успех и широкое распространение газовых автомобилей, является организация снабжения их газом.

Зарядка баллонов производится от ком-

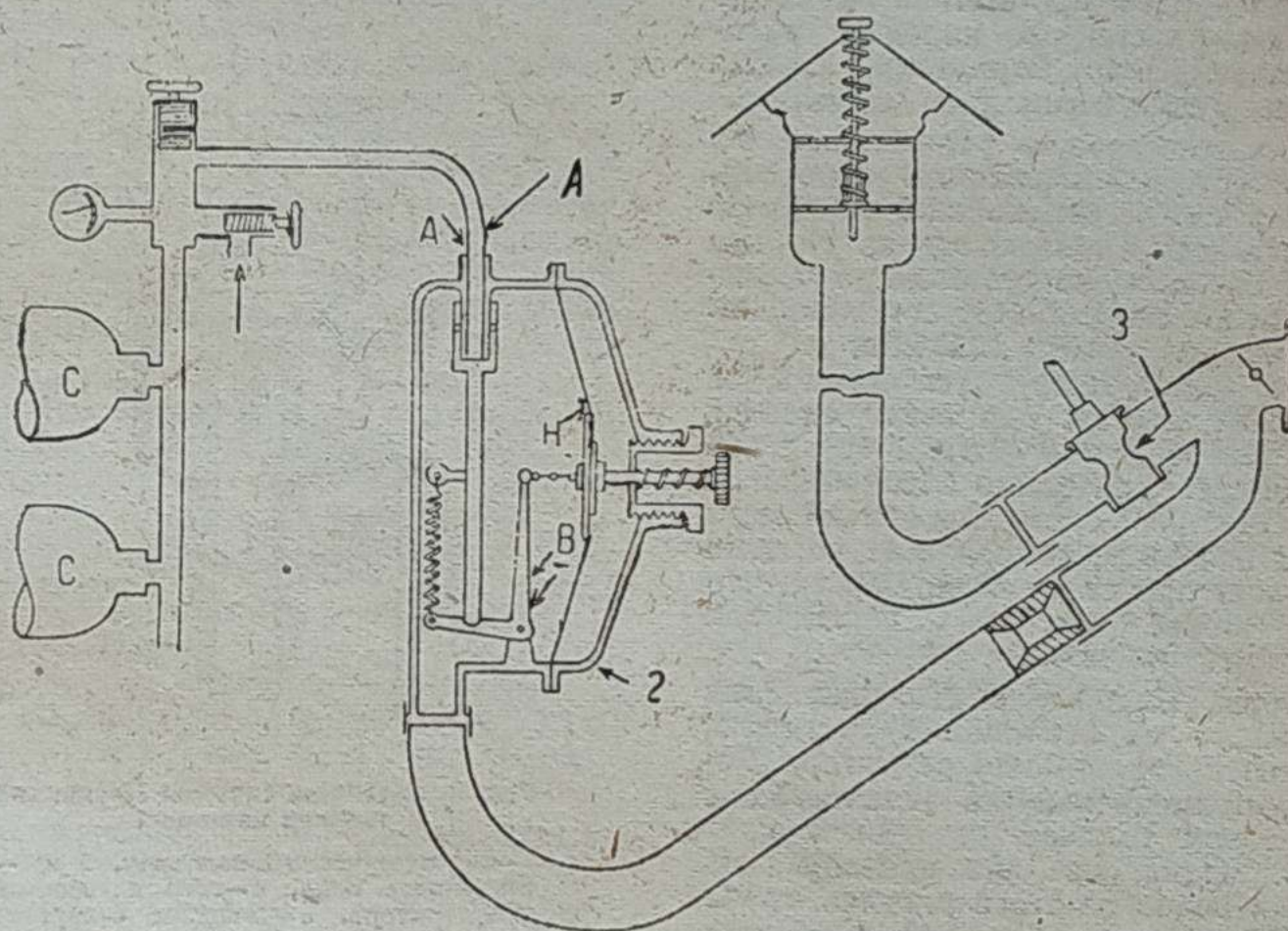


Рис. 1. Газовая установка грузовиков Панар и Левассор

1—разгрузочный кран, 2—редуктор, 3—воздушный вентилятор, С—С—баллоны.

циальной стали «Вибрак» следующего состава: никеля 2,5%, хрома 0,52%, молибдена 0,58% и углерода около 0,33%. Испытание баллонов из стали «Вибрак» под большим давлением показало, что их стенки свободно выдерживают напря-

прессорной установки, причем баллоны можно наполнять, не снимая их с места, посредством протянутого к автомобилю шланга.

В качестве примера, дающего представление о существующих газовых стан-

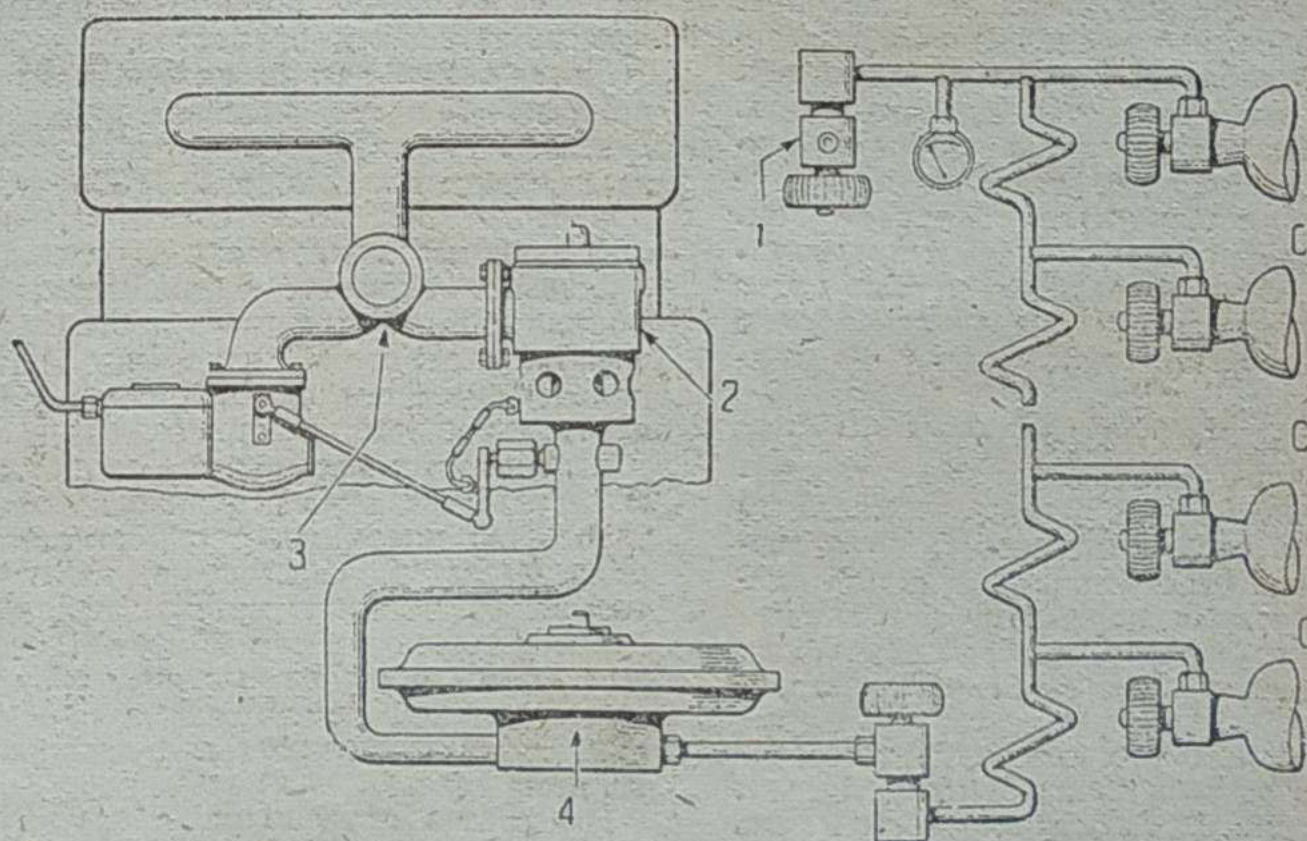


Рис. 2. Газовая установка грузовиков Парижской газовой компании

1—разгрузочный кран, 2—смеситель, 3—трехходовой кран, 4—редуктор, С—С—С—баллоны,

¹⁾ Из тезисов автотракторной топливной конференции, 1930 г.

циях за границей, приведем станцию Парижской газовой компании, эксплуатирующей довольно большое количество газовых автомобилей.

Зарядка баллонов на этой станции, расположенной рядом с газовым заводом компании, производится от компрессорной установки. Последняя состоит из одного компрессора системы Бурхарда, приводимого в действие от электромотора, и из шести специальных контейнеров, общей вместимостью на 600 кубометров газа.

Сжатый газ, под давлением 200 ат, поступает от компрессора в контейнеры и из них уже производится зарядка баллонов. Производительность компрессора достигает 200 кубометров в час. Расход энергии, потребной на сжатие газа, выражается следующим образом: для того, чтобы сжать 100 кубометров газа до 200 ат, расходуется 25 киловатт электрической энергии. Стоимость сжатия обходится в 15 сантимов за кубометр.

Как уже упоминалось раньше, зарядку баллонов можно производить непосредственно на самом автомобиле, не удаляя их с места, или же заряжать на станции запасные баллоны, которые могут транспортироваться на любое расстояние. Зарядка баллонов длится 3-4 мин.

Баллоны крепятся на шасси автомобиля в различных местах: или сзади сидения шофера, или под платформой грузовика или, чаще всего, по бокам автомобиля.

На автомобиле устанавливается от двух до шести баллонов, содержимое которых обеспечивает пробег от 50 до 150 км, что является более чем достаточным для обычных условий работы.

Редукторы. Снабжение давления газа, поступающего из баллонов в двигатель, производится при помощи редуктора. Редукторы, применяемые на установках с сжатым газом бывают различных конструкций. Одна из них приведена на рис. 1. Как видно из этого рисунка, трубка А, соединяющая баллоны с сжатым газом, входит одним своим концом в камеру редуктора.

В камере конец трубки плотно обхватывается вилкой с цилиндрической головкой, на стенках которой имеется ряд сквозных отверстий. Стержень вилки через пружину и рычаг В соединен с диафрагмой В. Под давлением сжатого газа в трубке А, вилка, охватывающая ее конец, опускается вниз, и газ через отверстия в головке вилки устремляется в камеру редуктора. Однако как только давление в камере редуктора начинает превышать известный предел, диафрагма редуктора выгибается и тянет за собой рычаг В, который толкает вилку вверх, прекращая ей доступ газа в камеру редуктора. С уменьшением давления в камере редуктора наблюдается обратное действие: диафрагма начинает выпрямляться, вилка опускается вниз, и газ снова начинает поступать в камеру редуктора, а из последней, по трубопроводу, — в двигатель.

Смесители. На своем пути, из редуктора в цилиндры двигателя, газ смешивается в известной пропорции с необходимым для его сгорания воздухом. Производится это в особой камере, называемой смесителем, которая по своему назначению заменяет карбюратор, употребляемый для этой же цели в обычном бензиновом двигателе.

На рис. 3 приведен смеситель, употребляемый на автомобилях Парижской газовой компании. Газ поступает в смеситель по расположенному в центре его корпуса вертикальному цилиндру. Концентрично последнему в средней части корпуса име-

ется кольцевой канал с боковыми отверстиями для прохода воздуха.

Сверху, со стороны смесительной камеры, газовые и воздушные проходы перекрываются ступенчатым клапаном. Регулировка количества газа производится заслонкой, помещенной в газовом проходе смесителя, регулировка же воздуха — цилиндрическим золотником, обхватывающим воздушные окна по наружному диаметру корпуса смесителя. Как заслонка, так и золотник присоединены к одной и той же тяге, ведущей к педали акселератора.

В некоторых конструкциях с автоматически действующим редуктором, и в частности, на грузовиках Панар-Левассор, (рис. 1) смесителем служит сам трубопровод в месте соединения газовой и воздушной труб. Регулируется в этом случае только поступающий воздух.

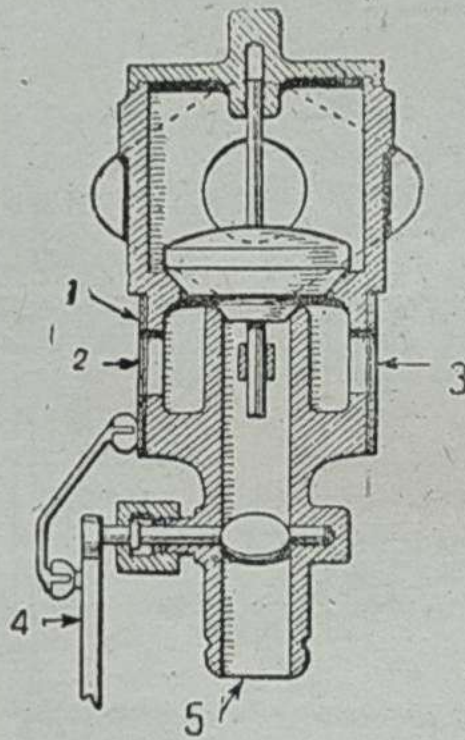


Рис. 3. Смеситель системы Парижской газовой компании

1 — цилиндрический золотник, 2 и 3 — воздушные окна, 4 — тяга к педали акселератора, 5 — входное отверстие для газа

Газ. В настоящее время в качестве горючего для автодвигателей за границей употребляются почти исключительно светильный газ и метан. Первый берется с газовых заводов, вырабатывающих газ для городского освещения; теплотворная способность его около 4500 кал. на кубометр. Второй (метан) бывает или природный, с теплотворной способностью 7250 кал., или же индустриальный, с теплотворной способностью 8000—11000 кал., являющийся продуктом различных производственных процессов.

Метану, как весьма калорийному газу, придают большое значение, особенно в Германии, один Рурский район которой дает ежедневно около 200 000 кубометров этого газа, получаемого как побочный продукт химических заводов.

Большое значение в снабжении автомобиля газом будет иметь проектируемый в настоящее время газопровод, который должен будет соединить Рурский район с центральной частью страны.

В некоторых местностях Германии имеются естественные источники выхода метана. Так, например, в окрестностях города Мюнстера (Вестфалия) имеется естественный источник метана, дающий этот газ под давлением в 30 ат. В настоящее время одна из местных транспортных компаний приступила к оборудованию своих грузовиков для эксплуатации на этом газе.

Испытания грузовиков, оборудованных газовыми установками. Чтобы дать более ясное представление о работе газовых автомобилей и об их экономических

преимуществах, приведем ряд испытаний их за последний год.

Интересное испытание по применению светильного газа в качестве топлива для автодвигателя было проведено недавно газовым департаментом городского управления города Бирмингама (Англия). Полученные результаты оказались весьма удовлетворительными и доказали преимущества газа в этом отношении перед бензином, особенно на работах в черте города со сравнительно небольшим дневным километражем.

Объектом для испытания служил грузовик «Остин» с двигателем мощностью в 20 л. с., работавший в течение последних трех недель перед испытанием исключительно на газе. Грузовик этот был оборудован пятью газовыми баллонами из стали «Вибрак». Вместимость каждого баллона была равна 9,8 кубометра и, таким образом, общая вместимость всех пяти баллонов составляла 49 кубометров.

Газ содержался в них под давлением свыше 210 ат. Общий вес всей газовой установки составлял приблизительно 260 кг, что более чем на 220 кг превышало вес наполненного бензином бака обычного бензинового грузовика.

Испытание производилось с полезным грузом в $\frac{3}{4}$ т при общей весе свыше 3 т. За время испытания было покрыто свыше 70 км, из которых 16 падало на пробег в черте города. Максимальная скорость пробега достигала 90 км/час, причем расход газа составлял около 0,37 кубометра на один километр.

Такой же точно грузовик, но с двигателем, работавшим на бензине, при тех же условиях пробега давал 19 км на один баллон бензина.

При сопоставлении этих данных получается, что один галлон бензина эквивалентен 7 кубометрам светильного газа¹.

Двигатель, которым был оборудован грузовик, отличался от стандартного двигателя «Остин» лишь увеличенной (с 4,6 до 5,6) степенью сжатия.

Дорожное испытание 3-тонного грузовика Панар-Левассор, принадлежащего Парижской газовой компании, привело к следующим результатам:

Пуск в ход двигателя с холодного состояния был осуществлен в несколько секунд. Все время пробега работа его ничем не отличалась от двигателя, работающего на бензине. Скорость грузовика была ограничена регулятором до максимума в 56 км/час. Машина показала значительные преимущества перед другими грузовиками при маневрировании в скученном движении наиболее людных улиц.

По выезде за городскую черту грузовик шел с постоянной скоростью в 48 км/час, причем хорошо брал встречавшиеся на пути значительные подъемы. Подъем с отношением 1:9 был легко взят на третьей передаче. Ускорение грузовика, вес которого с полезным грузом в 2 т составлял 5 т, характеризовалось следующими данными: скорость грузовика в 32 км/час достигалась с места в 19 сек., а скорость в 48 км/час — в 30 сек. Расход светильного газа выразился 0,46 кубометра на 1 км пройденного пути на открытой дороге и 0,68 кубометра на 1 км при проезде через скученное движение парижских улиц.

Германская транспортная компания «Конкордия», эксплуатирующая в настоящее

¹ По окончании испытания были произведены сравнительные вычисления стоимости того и другого топлива (бензина и газа), в результате которого было установлено, что для того, чтобы выдерживать конкуренцию со светильным газом, цена к торого вычисляется в 4 пенса за большой калорию, бензин должен продаваться по 7 пенсов за галлон, тогда как теперешняя его стоимость в Англии составляет 1 шиллинг $3\frac{1}{4}$ пенса.

щее время несколько грузовых автомобилей, работающих на метане, приводит интересные данные по работе 4,5-тонного грузовика Либерти. Указанный грузовик находился в течение трех лет на регулярной службе, заключающейся в коротких пробегах с частыми остановками; расход газа при работе с большим количеством остановок составлял 0,45 кубометра на 1 км, снижаясь до 0,32 при уменьшенном числе остановок. При работе на бензине этого же грузовика с большим количеством остановок расход бензина был равен 0,5 л, и, таким образом, расход метана и расход бензина выразились отношением 0,9 м³:1 л. При стоимости метана в 0,2 марки за кубометр, получилось около 50% экономии на горючем.

Перспективы применения газа у нас.

«Несмотря на рост всех видов топлива, положение с топливом будет напряженным и борьба за топливо становится одной из важнейших задач 1933 г. 1933 г. предъявляет громадные требования к топливу, выражающиеся в пределах 119,5 млн. т условного топлива»¹.

Большая потребность в жидком топливе в связи с колоссальным ростом автотракторного парка, с одной стороны, и отдаленность многих районов от нефтяных месторождений (Северный край, Сибирь), с другой,—ставит со всей остротой и серьезностью вопрос о широком использовании местных топлив.

Крупным в качестве ресурса местного топлива для нашего автотракторного парка может явиться газ в сжатом виде. Употребляемые для этой цели газы можно подразделить на три группы:

1. Газы, специально вырабатываемые для питания автодвигателей в полустационарных газогенераторных установках.
2. Газы, получаемые при различных производственных процессах, как побочный продукт.
3. Газы природные, выделяющиеся из недр земли.

¹ Из доклада т. Куйбышева „Народнохозяйственный план 1933 г.—первого года второй пятилетки“.

Газогенераторный газ, несмотря на невысокую его теплотворную способность по сравнению со второй и третьей группами газов, может сыграть крупную роль по газификации тракторной и автомобильной тяги в наших лесных районах Северного края и Сибири; для его выработки можно использовать древесные отходы на лесозаготовках, количество которых достигает 40%, а если принимать во внимание еще такие отходы, как сучья, ветки, шишки и проч., то и 50% (разрешение проблемы рациональной утилизации этих отбросов является само по себе чрезвычайно важным делом).

Получение газа из полустационарной газовой установки с последующим его сжатием, по сравнению с подвесными индивидуальными газогенераторными установками автомобиля или трактора, имеет следующие преимущества:

- 1) этот способ позволяет получать идеально очищенный и охлажденный газ;
- 2) в то время как индивидуальный газогенератор при работе на древесном топливе дает газ с теплотворной способностью всего от 800 до 1 000 калорий на кубометр, на стационарной установке можно получить газ значительно более калорийный—до 2 000 калорий на кубометр;
- 3) работа на автомобиле с сжатым газом значительно проще, и для обслуживающего персонала допустима поэтому более низкая степень квалификации;
- 4) стационарная газогенераторная установка помимо газа дает целый ряд таких химических продуктов, как смола, деготь, метиловый спирт, уксусная кислота и прочих продуктов, которые пропадают в случае выработки газа индивидуальной газогенераторной установкой на автомобиле.

Газы, являющиеся побочным продуктом различных производственных процессов, могут быть использованы в сжатом виде как горючее для автомобилей еще с большим успехом. Большинство этих газов имеет высокую калорийность: так, швель-газы, то есть газы, получаемые при полукоксовании каменных углей, име-

ют теплотворную способность в среднем до 8 000 калорий в кубометре; той же теплотворной способностью обладают газы сланцепереводки; газы переработки сапропелитовых углей и боксидов имеют теплотворную способность от 8 500 до 10 000 калорий.

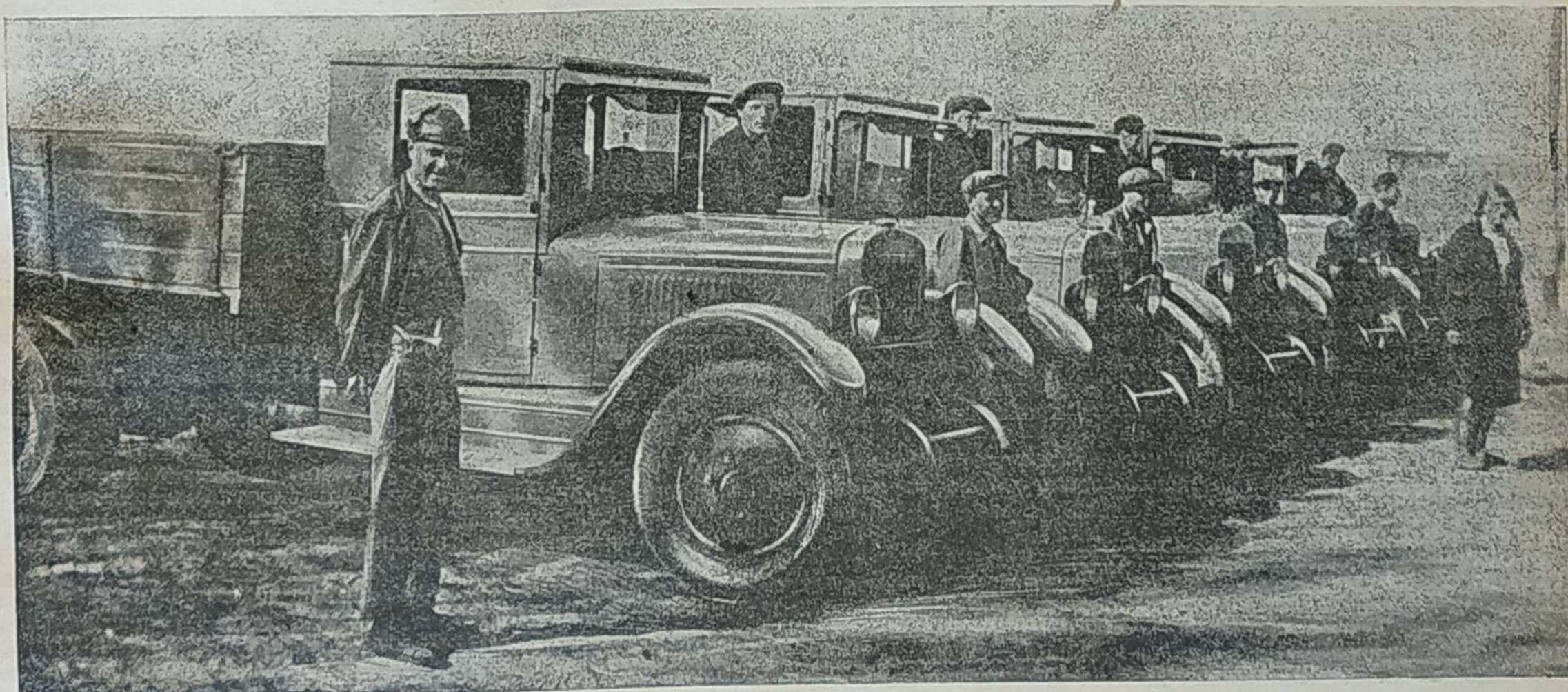
С ростом промышленности, а следовательно, и с ростом баланса твердого топлива, количество выхода перечисленных газов будет с каждым годом повышаться¹.

Природные газы, богатыми месторождениями которых изобилует наша страна, также могут занять по праву одно из первых мест среди горючего для автотранспорта. Во всех нефтяных районах СССР, наряду с нефтью, добывается и газ. Помимо этого существует много и чисто газовых месторождений: Камчатка, Байкал, Ухта, Маньч, Чикишляр, Крым, Тамань, Керчь, Дагестан, Средняя и Нижняя Волга, Ставрополь, Калмыцкие степи и т. д.

Природные газы имеют весьма высокую теплотворную способность—от 8 000 до 13 000 калорий в кубометре и, следовательно, особенно важно наладить рациональное их использование для непрерывно растущего автопарка.

Все сказанное приводит нас к следующему заключению: если проблема применения сжатого газа как горючего для автотранспорта получает практическое осуществление в Западной Европе, не имеющей, подобно нам, неизмеримых запасов этого вида топлива, то для нас, обладающих ими в колоссальных размерах, проблема эта является несравненно более жизненной и требующей скорейшего ее разрешения.

¹ Приведем к примеру рост добычи сланцев в этом году. По плану на 1933 г. добыча сланцев определяется в 560 тыс. т, что по сравнению с 1932 г. показывает прирост в 70%. Кроме этого в 1933 г. будут сланы в эксплуатацию три крупных рудника: Гдовский, в Ленинградской области, годовой производительностью в 200 тыс. т, Каширский на Средней Волге производительностью в один млн. т и рудник на Нижней Волге производительностью в 500 тыс. т. Этот пример ярко характеризует возможности получения колоссальных количеств газа, за счет которого может быть сэкономлено дорогостоящее и, во многих случаях, привозимое издалека жидкое топливо.



Буксирная автоколонна на посевной в Ново-Анненском районе.

НА ТВЕРДОЕ ГЕНЕРАТОРНОЕ ТОПЛИВО!

Повышение мощности двигателя СТЗ при работе на генераторном газе

Инж. А. Д. КОСЦОВ

ОТ РЕДАКЦИИ

Вопрос о переходе тракторных и автомобильных двигателей на твердое топливо переходит в настоящее время из области теоретических исследований в область практического проведения этих исследований в жизнь.

Основное препятствие, которое мешало использовать громадные ресурсы местного топлива, особенно при работе машин в лесных районах, заключалось в том, что при переходе на твердое топливо значительно понижалась мощность двигателя. Это обстоятельство не стимулировало хозяйственников к борьбе за двигатель на твердом топливе и вызывало безобразное разбазаривание высоких сортов горючего, бесцельные перевозки его туда, где дешевое топливо было под руками.

Громадная исследовательская работа в изыскании способов повышения мощности двигателей привела к теоретическим выводам, которые уже начинают проверяться на практическом опыте.

Считая необходимым широкое ознакомление ИТР с методологией и теорией, которые позволяют уже сейчас приступить к разработке проектов переделки бензиновых и керосиновых двигателей на твердое топливо, редакция печатает статью инженера А. Д. Косцова о переводе на твердое топливо двигателя трактора СТЗ.

Автор совершенно правильно ставит вопрос о том, что найденная методика дает возможность провести такую же работу для других двигателей, подлежащих переводу на генераторное топливо.

В ближайших номерах журнала будут помещены материалы о переконструировании двигателей для грузовых машин.

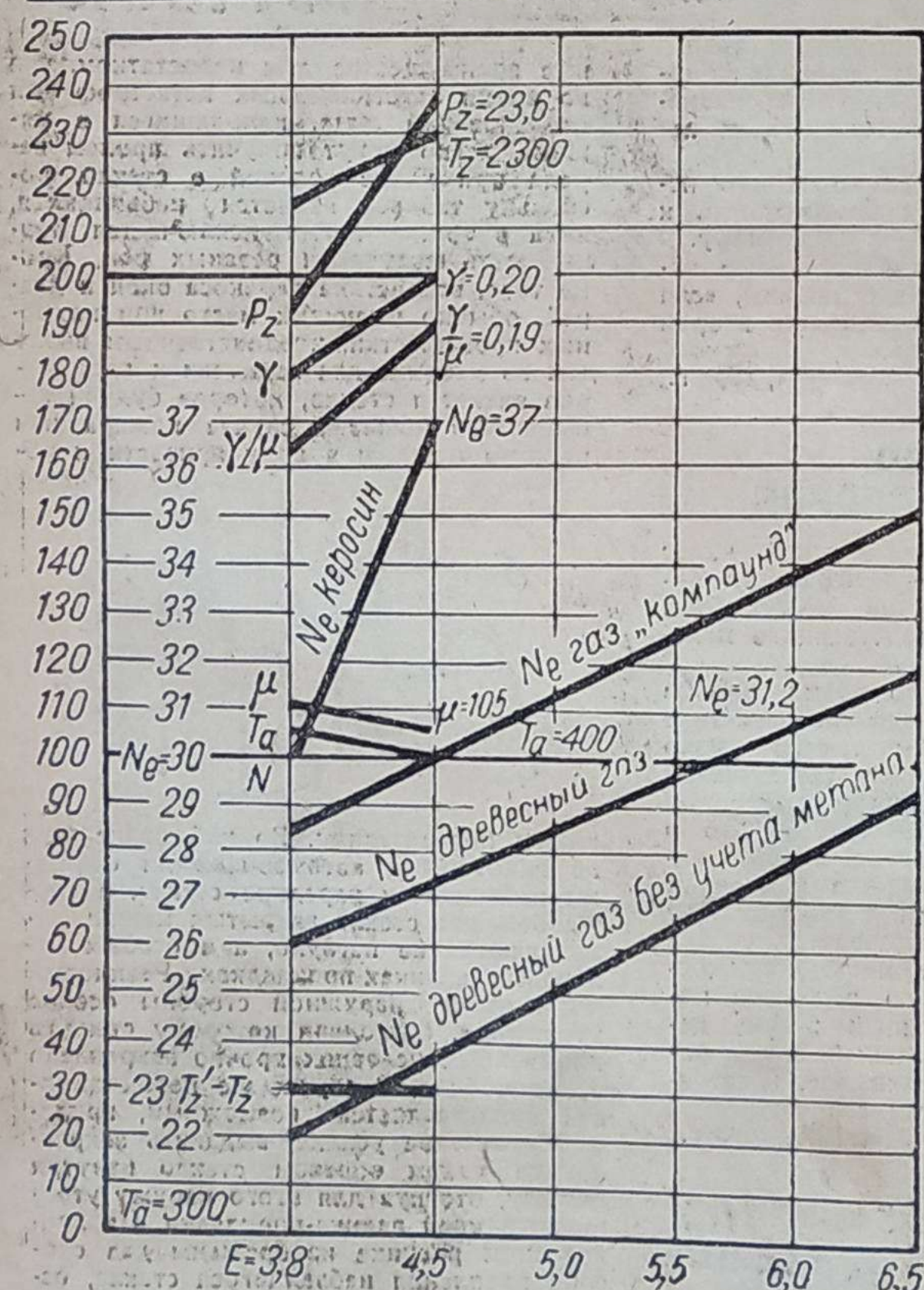


Рис. 1. Диаграмма мощностей N_e двигателя СТЗ при различных степенях сжатия при работе на различных газах.

Перевод тракторных двигателей на твердое генераторное топливо для сокращения расхода жидкого горючего и бесперебойной работы машин в тех местах, куда завоз жидкого топлива дорог, а твердое топливо имеется в виде отбросов производства,—задача чрезвычайно актуальная.

Усилиями ряда специальных лабораторий, а также при помощи советской общественности (Автодора), определен значительный сдвиг в этом деле. Но даже самые новейшие достижения в этой области еще не обеспечивают применения газогенераторов на практике с достаточной эффективностью, так как падение мощности двигателя при работе на генераторном топливе так велико, что не удовлетворяет хозяйственников.

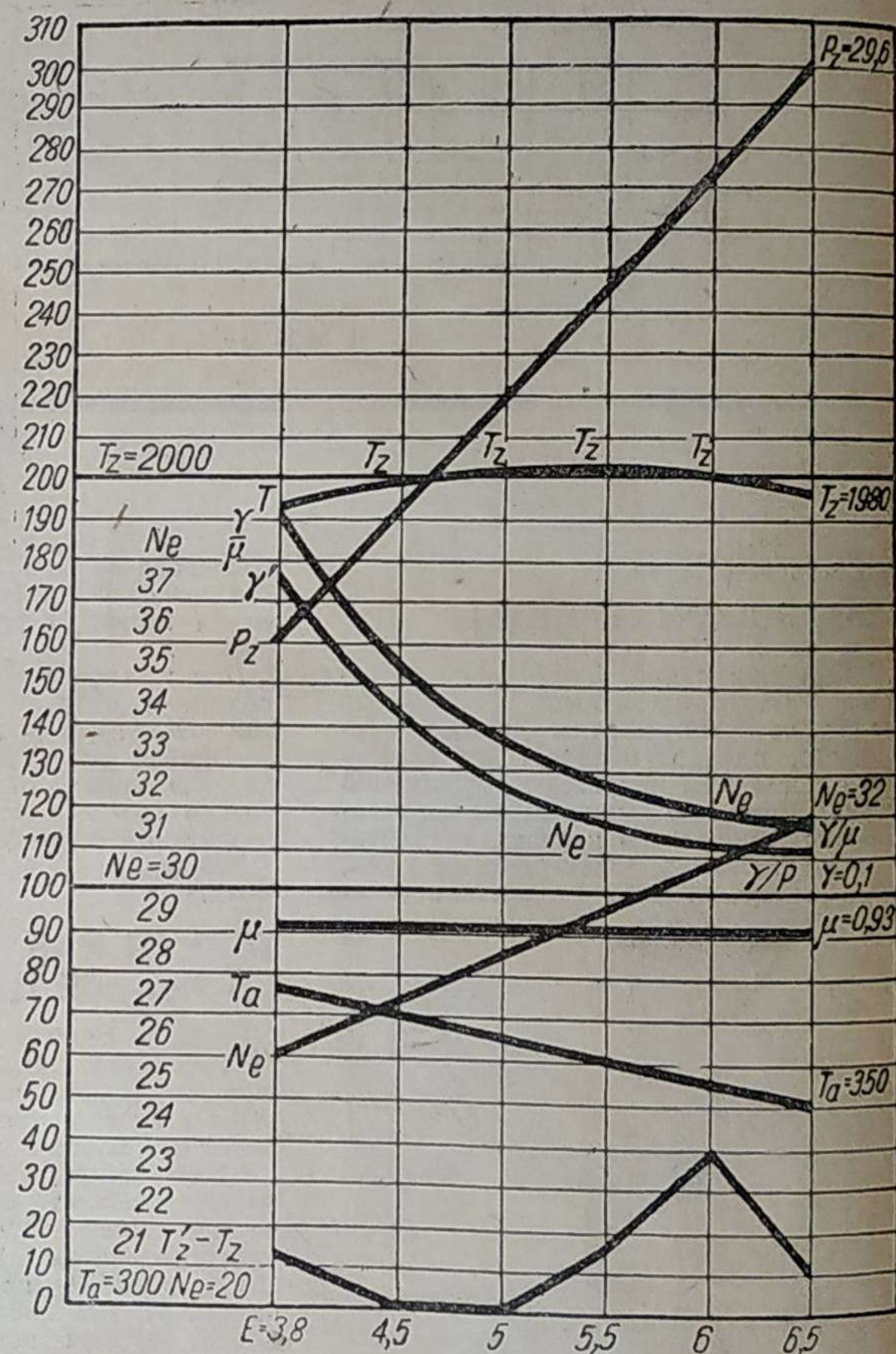


Рис. 2. Диаграмма мощностей N_e двигателя СТЗ при различных степенях сжатия ϵ при работе на древесном газе.

Для возможности внедрения газогенератора в промышленность одновременно следует принять меры к сохранению той мощности, которую двигатель развивает на обычном для него топливе. Существует несколько способов сохранения мощности: увеличение степени сжатия, наддув, увеличение диаметра цилиндра.

Настоящая работа посвящена исследованию влияния на мощность двигателя как изменения степени сжатия, так и времени сечения газораспределения двигателя. Все расчеты проведены применительно к двигателю трактора СТЗ.

Не имея до сего времени метода расчета изменения газораспределения двигателя при работе его на генераторном газе и не получив технических данных по этому вопросу от заграничной техники, мы принуждены были стать на путь самостоятельной разработки этой проблемы.

Найденная нами методика позволит провести такую же работу для ряда других двигателей, подлежащих переводу на генераторное топливо.

При переконструировании двигателя имелось в виду: 1) ограничить минимальным количеством переделок в двигателе; 2) сохранить взаимозаменяемость измененных частей двигателя с неизменными; 3) способ наддува, как получивший уже достаточно под- совал нас, тем более, что практически нецелесообразно нагромо- жнит и удорожит переконструирование компрессора, так как это усло- 4) изменение диаметров цилиндров силовой установки трактора; формами двигателя; 5) увеличить время сечения; 6) увеличить мощность двигателя за счет повышенной степени сжатия.

Тепловой расчет

Для выяснения изменения основных параметров двигателя, харак- теризующих его работу на генераторном газе, был произведен теп- ловой расчет в двадцати вариантах по методу проф. Гринивецкого переработанному проф. Львовым Е. Д.

При этом два варианта относятся к работе двигателя на керосине при степенях сжатия $\epsilon = 3,8$ и $\epsilon = 4,5$. Эти варианты были проде- ланы в целях получения ряда поправочных коэффициентов. Результаты по этим вариантам приведены на диаграмме рис. 1 и табл. 1.

Вторая группа вариантов просчитана в предположении, что генера- торный газ полу ается в генераторе компаунд. Данный газ характерен большим содержанием метана и высокой калорийностью.

Третья группа вариантов просчитана для тех же шести степеней сжатия, но для обычного древесного газа со средним содержанием метана. Результаты подсчетов приведены в табл. 2 и на диаграмме

ТАБЛИЦА 1

1	Химический состав газа по объему и теплопроводности 1 моля газа или 1 кг топлива	Керосин $C=0,8632$; $H_2=0,1324$; $O_2=0,0044$		
2	Принимаемые величины { см. объяснит. записку	$P_a=0,85$; $P_o=1$; $T_o=290^\circ$; $T_o'=333^\circ$; $P_2=1,15$ $\eta_h=0,8$; $a=1,05$; $\zeta=0,8$; $m_1=1,33$; $m_2=1,30$		
3	Принимаемые величины { степень сжатия, темп. газа в конце выхл.	$\epsilon=3,8$ $T_r=950^\circ$	ϵT_2	4,5—950
4	Действ. колич. молей воздуха, треб. для сгорания 1 един. топлива	$L = \frac{a}{0,21} \left[0,9(CO + H_2) + \left(n + \frac{m}{4} \right) C_m H_m - O_2 \right]$	Z	$L = \frac{a}{0,21} \left(\frac{\epsilon}{3} c + 3H_2 - O_2 \right) \frac{1}{m} = \frac{1,05}{0,21} = 5,02$ $\left(\frac{2}{3} 0,8632 + 8 \cdot 0,1324 - 0,0044 \right) \frac{1}{2,9} = 0,527$
5	Коэффициент остаточных газов	$\gamma = \frac{P_2 T_o}{(\epsilon - 1) P_o + \eta_h P_o T_2}$	γ	$\frac{1,15 \cdot 333}{2,8 \cdot 0,8 + 1,0 \cdot 950} = 0,18$
6	Темпер. газов в начале сжатия	$T_a = \frac{\eta_h (\epsilon - 1) P_o + T_o P_2}{\epsilon P_a T_o}$	T_a	$\frac{0,8 \cdot 2,8 \cdot 1,0 + 950}{333 \cdot 1,15} = 406^\circ$
7	Давлен. газов в конце сжатия	$P_c = P_a \epsilon^{m_1 - 1}$	P_c	$0,85 \cdot 3,8^{1,33} = 5$
8	Темпер. газов в конце сжатия	$T_c = T_a \epsilon^{m_1 - 1}$	T_c	$406 \cdot 3,8^{0,33} = 618^\circ$
9	Число молей газов продукт. сгорания	M	M	0,5603
10	Коэффициент молекулярн. изменения	$\mu = \frac{M + \gamma(L+1)}{L + \gamma Z}$	μ	$\frac{0,5603 + 0,18 \cdot 0,527}{0,502 + 0,18 \cdot 0,627} = 1,1$
11	Отношение коэффициентов	$\frac{\gamma}{\mu}$	γ/μ	$\frac{0,18}{1,1} = 0,164$
12	Полезное тепло	ζK	ζ/K	$\frac{0,8 \cdot 1000}{1000} = 8000$
13	Молекулярная теплоемкость продукт. сгорания	$C_{mv} = A + BT$	C_{mv}	$C_{mv} = 2896 + 0,0004368 T$
14	Уравнение сгорания	$(1 + L) C_o T_o + \frac{\gamma}{N} C_{mv} T_o + \zeta K = C_{mv} \left(1 + \frac{\gamma}{N} \right) T_c$		$0,527(4,625 + 0,00053 \cdot 618) + 0,164 \cdot (2,896 + 0,0004368 \cdot 618) + 8000 = (2,896 + 0,000436 T_c) (1 + 0,164) T_c$
15	Темпер. газов после сгорания	T_2	T_2	2160°
16	Давление газов после сгорания	$P_2 = P_c \gamma \frac{T_r}{T_c}$	P_2	$5 \cdot 1,1 \frac{2160}{618} = 19,3 \text{ атм.}$
17	Отношение давлений	$\lambda = \frac{P_r}{P_c}$	λ	$\frac{19,3}{5} = 3,85$
18	Давление газов в конце расширения	$P_e = \frac{P_r}{\epsilon^{m_1 - 1}}$	P_e	$\frac{19,3}{3,8^{1,3}} = 3,4$
19	Температ. газов в конце расширения	$T_e = \frac{T_r}{\epsilon^{m_2 - 1}}$	T_e	$\frac{2160}{3,8^{0,3}} = 1460^\circ$
20	Контрольное определение темпер. газов в конце выхлопа	$T_1 = 0,95 T_c \sqrt[3]{\frac{P_r}{P_e T_1' - T_2 ABC}}$	T_1'	$0,9 \cdot 1450 \sqrt[3]{\frac{1,15}{3,4}} = 920^\circ/30$
21	Теоретич. индикаторн. давление	$P_1 = \frac{P_c}{\epsilon - 1} \left[\frac{\lambda}{1} \left(1 - \frac{1}{\epsilon^{0,3}} \right) - \frac{0,33}{1} \left(1 - \frac{1}{0,33} \right) \right]$	P_1	$\frac{5}{2,8} \left[\frac{3,86}{0,3} \left(1 - \frac{1}{3,8^{0,3}} \right) - \frac{1}{1} \left(1 - \frac{1}{0,33} \right) \right] = 5,6$
22	Действит. индикаторн. давление	$P_1' = P_1 \cdot 0,95 - 0,3$	P_1'	$5,6 \cdot 0,965 - 0,3 = 5,1$
23	Эффек. мощность двигател. при $\eta_m = 0,83$	$N_e = 7,05 P_1'$	N_e	$7,05 \cdot 5,1 = 31,4 \text{ л. с. НР}$
24				37

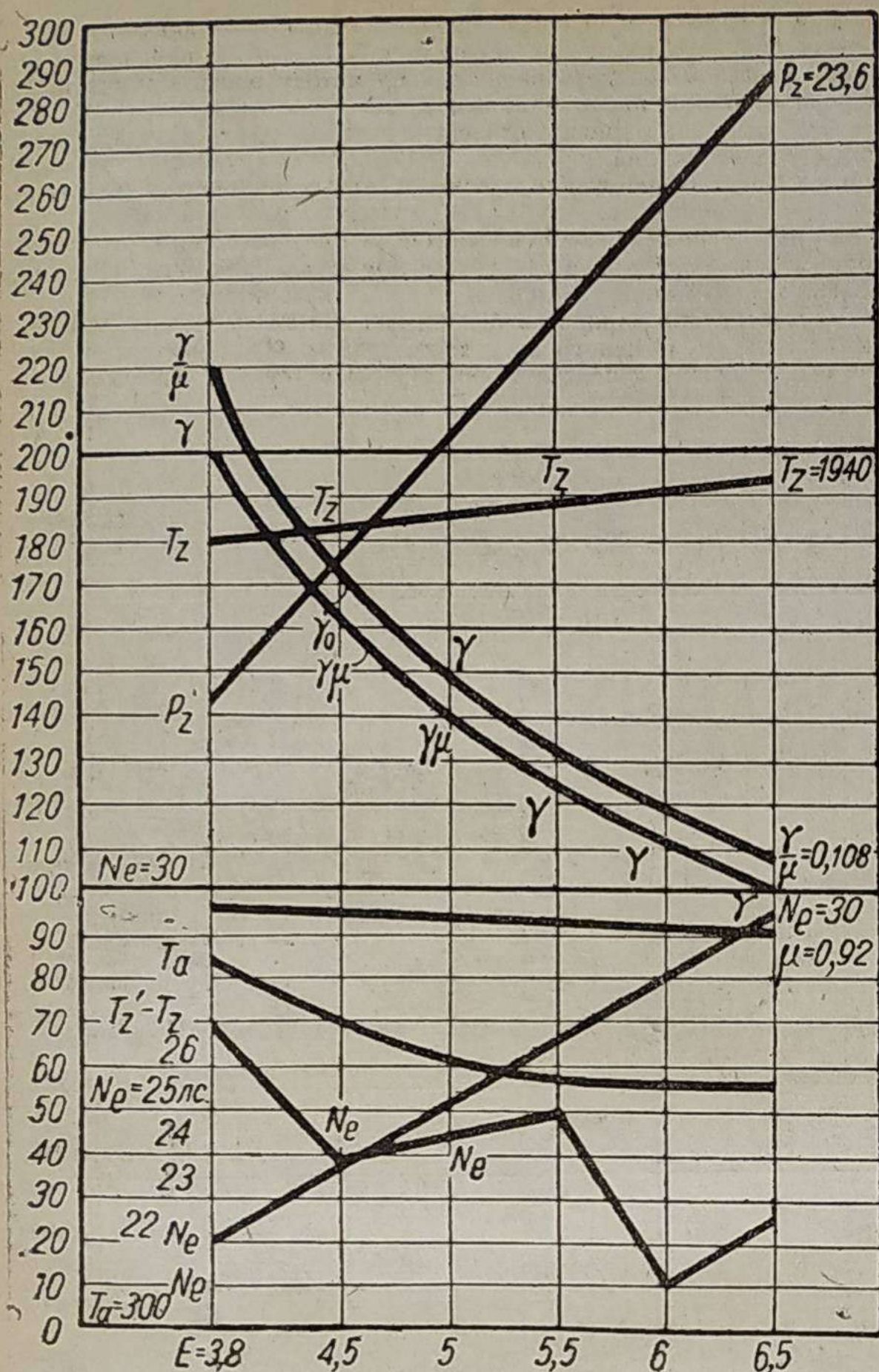


Рис. 3. Диаграмма мощностей N_e двигателя СТЗ при различных степенях сжатия при работе на бедном древесном газе.

рис. 2, из которой видно, что мощность в 30 л. с. при этом газе мы получаем при степени сжатия около 5,3 м. Наконец, четвертая группа вариантов относится к древесному газу с таким ничтожным содержанием метана, что им возможно пренебречь. Результаты последних шести вариантов приведены в табл. 3 и на диаграмме рис. 3, из которой видно, что мощность в 30 л. с. достигается при степени сжатия выше чем 6,5.

Метод теплового расчета

Все двадцать вариантов теплового расчета были выполнены по единому методу по следующему плану.

1. На основании опытных данных были приняты: химический состав генераторного газа, степень сжатия двигателя ϵ , давление газа в двигателе в начале процесса сжатия P_a , давление окружающего воздуха P_0 , температура окружающего воздуха T_0 , температура газа перед всасывающим клапаном T_0' , давление в конце выталкивающего хода поршня T_r , коэффициент наполнения двигателя η_h , коэффициент избытка воздуха α , коэффициент выделения тепла ζ и, наконец, показатель политроны сжатия m и расширения m_2 .

2. Количество молей воздуха L , необходимое для полного сгорания одного моля газа, определялось по формуле:

$$L = \frac{\alpha}{0,21} [0,5 \cdot (CO + H_2) + 2 \cdot CH_4 - O_2],$$

где:

α — коэффициент избытка воздуха,

$\left. \begin{matrix} CO \\ H_2 \\ CH_4 \\ O_2 \end{matrix} \right\}$ — компоненты, составляющие генераторный газ (по объему),

для жидкого топлива:

$$L = \frac{\alpha}{0,23} \left(\frac{8}{3} C + 8 \cdot H_2 - O_2 \right),$$

где: α — имеет прежнее значение,

$\left. \begin{matrix} C \\ H_2 \\ O_2 \end{matrix} \right\}$ — состав топлива (по весу).

3. Коэффициент остаточных газов определялся по формуле:

$$\gamma = \frac{P_r T_0}{(\epsilon - 1) \eta_h P_0 T_r}.$$

4. T_a — температура газов в цилиндре двигателя в начале сжатия:

$$T_a = \frac{\epsilon \cdot P_a \cdot T_0}{\eta_h (\epsilon - 1) P_0 + \frac{T_0}{T_r} P_r}.$$

5. P_c — давление газов в конце политропического сжатия:

$$P_c = P_a \epsilon^{m_1}.$$

6. T_c — температура газов в конце политропического сжатия:

$$T_c = T_a \epsilon^{m_1 - 1}.$$

7. Химический состав продуктов сгорания одного моля генераторного газа и M — суммарное количество молей продуктов сгорания: углекислоты:

$$(CO_2) = CO_2 + CO + CH_4 = M_1$$

водяных паров:

$$(H_2O) = H_2 + 2 \cdot CH_4 = M_2$$

кислорода:

$$(O_2) = \frac{0,21 (\alpha - 1)}{\alpha} = L = M_3$$

азота:

$$N_2 = 0,79 \cdot L + N_2 = M_4$$

Для жидкого топлива:

углекислоты:

$$M_1 = \frac{C}{12} \text{ молей,}$$

водяных паров:

$$M_2 = \frac{H}{2} \text{ молей,}$$

кислорода:

$$M_3 = 0,21 \cdot \frac{\alpha - 1}{\alpha} L \text{ молей,}$$

азота:

$$M_4 = 0,79 L.$$

8. Коэффициент молекулярного изменения μ (для всех видов топлива):

$$\mu = \frac{M + \gamma \cdot L}{L + \gamma \cdot L}.$$

9. Отношение $\frac{\gamma}{\mu}$ коэффициента остаточного газа к коэффициенту молекулярного изменения.

10. K — теплотворная способность одного моля газа:

$$K = 68220 CO + 57810 H_2 + 192400 CH_4.$$

11. Количество полезного тепла ζK .

12. C_{mv} — молекулярная теплоемкость продуктов сгорания при постоянном объеме:

$$C_{mv} = A + B \cdot T,$$

где:

$$A = a_1 M_1 + a_2 M_2 + a_3 M_3,$$

$$B = b_1 M_1 + b_2 M_2 + b_3 M_3,$$

где a и b — коэффициенты молекулярных теплоемкостей составляющих газов, а именно, согласно опытам Лангена и Шребера для двух атомных газов (O_2 и N_2):

$$C_{v1} = a_1 + b_1 T = 4,625 + 0,00053 \cdot T;$$

для углекислоты (CO_2) аналогично:

$$C_{v2} = a_2 + b_2 T = 6,774 + 0,00189 \cdot T;$$

а для паров (H_2O):

$$C_{v3} = a_3 + b_3 T = 6,855 + 0,00116 \cdot T,$$

значения M_1, M_2, M_3 — как и в п. 7.

13. T_2 — температура газов в конце процесса сгорания — из уравнения:

$$(1 + L) C_{v1} T_c + \frac{\gamma}{\mu} C_{mv} T_c + \zeta K = C_{mv} \left(1 + \frac{\gamma}{\mu} \right) T_2,$$

для жидкого топлива уравнение имеет вид:

$$L C_{v1} T_c + \frac{\gamma}{\mu} C_{mv} T_c + \zeta K \cdot C_{mv} \left(1 + \frac{\gamma}{\mu} \right) T_2,$$

14. P_2 — давление газов в конце процесса сгорания:

$$P_2 = P_c \mu \frac{T_2}{T_c}.$$

15. λ — коэффициент увеличения давления газов:

$$\lambda = \frac{P_2}{P_c}.$$

ТАБЛИЦА 2

1	Химический состав газа по объему и теплопроизводительность 1 моля газа	Состав газа →		Древесный газ. $K = 27\,750$ кал./1 моль. $\text{CO}_2 = 0,092$; $\text{CO} = 0,209$; $\text{CH}_4 = 0,1605$; $\text{N}_2 = 0,499$; $\text{O}_2 = 0,018$.							
2	Принимаемые величины	см. объяснительный записку	$P_a P_o T_o P_r N_h \alpha \zeta$ принимаемые величины →	$P_a = 0,85$; $P_o = 1$; $T_o = 290^\circ$; $P_r = 1,15$; $\eta_h = 0,75$; $\alpha = 1,25$; $\zeta = 0,8$; $m_1 = 1,33$; $m_2 = 1,3$.							
3	Принимаемые величины	степень сжатия, темп. газ. в конце выхл.	ε T_2 εT_2	3,8	T_2 900	4,5 и 900	5 и 900	5,5	$T_r = 850^\circ$	6 и 800	6,5 и 800
4	Действ. колич. молей воздуха, треб. для сгоран. 1 един. топлива	$L = \frac{\alpha}{0,21} \left[0,3 (\text{CO} + \text{H}_2) + \left(n + \frac{m}{4} \right) \text{C}_m \text{H}_m - \text{O}_2 \right]$	Z	0,970							
5	Коэффициент остаточных газов	$\gamma = \frac{P_2 T_o}{(\varepsilon - 1) P_o + \eta_h P_o T_2}$	γ	$\frac{1,15 \cdot 290}{2,8 \cdot 0,75 \cdot 900} = 0,175$	0,142	0,123	$\frac{1,15 \cdot 290}{4,5 \cdot 0,75 \cdot 850} = 0,116$	0,111	0,1		
6	Температура газов в начале сжатия	$T_a = \frac{\varepsilon P_a T_o}{\eta_h (\varepsilon - 1) P_o + \frac{T_o P_o}{T_a}}$	T_a	$\frac{3,8 \cdot 0,85 \cdot 290}{0,75 \cdot 2,8 + \frac{290}{900} \cdot 1,15} = 376^\circ$	370	365	$\frac{5,5 \cdot 0,85 \cdot 290}{0,75 \cdot 4,5 + \frac{290}{850} \cdot 1,15} = 358$	356	350		
7	Давление газов в конце сжатия	$P_c = P_a \varepsilon^{m_1 - 1}$	P_c	$0,85 \cdot 3,8^{1,33} = 5$	6,45	7,2	$0,85 \cdot 9,85 = 8,35$	9,35	10,2		
8	Температура газов в конце сжатия	$T_c = T_a \varepsilon^{m_1 - 1}$	T_c	$376 \cdot 3,8^{0,33} = 570$	610	620	$358 \cdot 1,75 = 625$	640	650		
9	Число молей газов продукт. сгорания	M	M	1,8027							
10	Коэффициент молекулярн. изменения	$\mu = \frac{M + \gamma(L + 1)}{L + \gamma L}$	μ	$\frac{1,8027 + 0,175 \cdot 1,97}{1,97 + 0,175 \cdot 1,97} = 0,925$	0,925	0,92	$\frac{1,8027 + 0,116 \cdot 1,97}{1,97 + 0,116 \cdot 1,97} = 0,92$	0,93	0,92		
11	Отношение коэффициентов	$\frac{\gamma}{\mu}$	$\frac{\gamma}{\mu}$	$\frac{0,175}{0,925} = 0,19$	0,154	0,134	$\frac{0,116}{0,92} = 0,126$	0,12	0,107		
12	Полезное тепло	ζK	$\frac{\zeta}{K}$	22 200							
13	Молекулярная теплоемкость продуктов сгорания	$C_{mv} = A + BT$	C_{mv}	$9,8 + 0,00147$							
14	Уравнение сгорания	$(1+L) C_v T_c + \frac{\gamma}{N} C_{mv} T_c + \zeta K = C_{mv} \left(1 + \frac{\gamma}{N} \right) T_2$	Уравнен. сгоран.	$1,97 (4,625 + 0,00053 \cdot 570) 570 + 0,19 (9,8 + 0,01147 \cdot 570) 570 + 22200 = (9,8 + 0,00147 \cdot T_2) \cdot 1,19 T_2$			$1,970 (4,625 + 0,00053 \cdot 625) \cdot 625 + 0,126 (9,8 + 0,0047 \cdot 625) 625 + 22200 = (9,8 + 0,00147 T_2) T_2 \cdot 1,126$				
15	Температура газов после сгорания	T_2	T_2	1940	2000	2020	2030	2020	1980		
16	Давление газов после сгорания	$P_2 = P_c \mu \frac{T_2}{T_c}$	P_2	$5 \cdot 0,95 \frac{1940}{570} = 15,7$	19,6	21,6	$8,35 \cdot 0,92 \frac{2030}{625} = 25$	27,5	29,6		
17	Отношение давлений	$\lambda = \frac{P_2}{P_c}$	λ	$\frac{15,7}{5} = 3,14$	3,03	3	$\frac{25}{8,35} = 3$	2,96	2,9		
18	Давление газов в конце расширения	$P_e = \frac{P_2}{\varepsilon^{m_2 - 1}}$	P_e	$\frac{15,8}{3,8^{1,3}} = 2,8$	2,76	2,67	$\frac{25}{9,1} = 2,75$	2,7	2,65		
19	Температура газов в конце расширения	$T_e = \frac{T_2}{\varepsilon^{m_2 - 1}}$	T_e	$\frac{1950}{3,8^{0,3}} = 1300^\circ$	1270	1250	$\frac{2030}{5,5^{0,3}} = 1220$	1180	1130		
20	Контрольное определение температур газов в конце выхлопа	$T_r' = 0,95 T_e \sqrt[3]{\frac{P_x}{P_e}}$ разница $T_r' - T_r$	T_2'	$0,95 \cdot 1300^\circ \sqrt[3]{\frac{1,15}{2,8}} = 912$ 12	900 0	900 0	$0,95 \cdot 1220 \sqrt[3]{\frac{1,75}{2,75}} = 865^\circ$ 15	840 40	810 10		
21	Теоретич. индикаторн. давление	$P_1 = \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \left[\frac{\lambda}{0,3} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{0,3}} \right) - \frac{1}{0,33} \left(1 - \frac{1}{0,33} \right) \right]$	P_1	$\frac{5}{2,8} \left[\frac{3,14}{0,3} \left(1 - \frac{1}{3,8^{0,3}} \right) - \frac{1}{0,33} \left(1 - \frac{1}{3,8^{0,33}} \right) \right] 4,17$	4,45	4,6	5	5,05	5,1		
22	Действит. индикаторн. давление	$P_1' = P_1 0,95 - 0,3$	P_1'	3,65	3,9	4,05	4,45	4,5	4,55		
23	Эффективн. мощность двигателя при $\eta_m = 0,83$	$N_e = 7,05 P_1'$	N_e	25,7	27,4	28,5	31,2	31,6	32		

ТАБЛИЦА 3

1	Химический состав газа по объему и теплопроизводительность 1 моля газа	Древесный газ без учета метана. К—23220. $\text{CO}_2=0,05$; $\text{CO}=0,23$; $\text{N}_2=0,575$; $\text{O}_2=0,015$; $\text{H}_2=0,13$.
2	Принимаемые величины	P_a P_o T_o T_r P_n N_h a ζ ; $P_a=0,85$; $P_o=1$; $T_o=290^\circ$; $P_r=1,15$; $\eta_h=0,75$; $\zeta=0,8$ $a=1,25$; $m_1=1,33$; $m_2=1,3$; $T_r=800$.
3	Принимаемые величины	ε T_r $3,8$ $4,5$ 5 $5,5$ 6 $6,5$
4	Действ. колич. молей воздуха, треб. для сгорания 1 един. топлива	$L = \frac{a}{0,22} [0,5(\text{CO} + \text{H}_2) + (n + \frac{m}{4}) \text{C}_m \text{H}_m - \text{O}_2]$ L $0,984$
5	Коэффициент остаточных газов	$\gamma = \frac{P_r T_o}{(\varepsilon - 1) P_o + \eta_h R_o T_r}$ γ $0,20$ $0,158$ $0,139$ $0,139$ $0,11$ $0,1$
6	Темпер. газов в начале сжатия	$T_a = \frac{P_r T_o}{\eta_h(\varepsilon_1) P_2 + \frac{T_a P_r}{T_r}}$ T_a 380 370 360 356 355
7	Давлен. газов в конце сжатия	$P_c = P_a \varepsilon_1^{m_1 - 1}$ P_c 5 $6,4$ $7,2$ $8,1$ $9,3$ $10,2$
8	Темпер. газов в конце сжатия	$T_c = T_a \varepsilon_1^{m_1 - 1}$ T_c 580 605 612 625 640 640
9	Число молей газов продукт. сгорания	M M $1,803$
10	Коэффициент молекулярн. изменения	$\mu = \frac{M + \gamma(L+1)}{L + \gamma L}$ μ $0,918$ $0,95$ $0,92$ $0,91$ $0,92$ $0,92$
11	Отношение коэффициентов	$\frac{\gamma}{\mu}$ $\frac{\gamma}{\mu}$ $0,218$ $0,166$ $0,14$ $0,135$ $0,12$ $0,108$
12	Полезное тепло	ζK ζK 18600
13	Молекулярная теплоемкость продуктов сгорания	$C_{mv} = A + BT$ C_{mv} $9,23 + 0,00142 T$
14	Уравнение сгорания	$(1+L)C_o T_o + \frac{\gamma}{\mu} C_{mv} T_c + \zeta K = C_{mv} \left(1 + \frac{\gamma}{\mu} T \zeta\right)$
15	Темпер. газов после сгорания	T_2 T_2 1800 1860 1900 1900 1940
16	Давление газов после сгорания	$P_2 + P_o \mu \cdot \frac{T_2}{T_o}$ P_r $14,2$ 18 20 $22,4$ $25,8$ $28,5$
17	Отношение давлений	$\lambda = \frac{P_r}{P_r}$ λ $2,75$ $2,8$ $2,79$ $2,76$ $2,73$ $2,8$
18	Давление газов в конце расширения	$P_e = \frac{P_r}{\varepsilon_2^{m_2 - 1}}$ P_e $2,5$ $2,52$ $2,46$ $2,46$ $2,46$ $2,55$
19	Темпер. газов в конце расширения	$T_e = \frac{T_r}{\varepsilon_2^{m_2 - 1}}$ T_e 1200 1150 1150 1150 1100 1110
20	Контрольное определение темпер. газов в конце выхлопа	$T_2' = 0,95 \cdot T_e \sqrt[3]{\frac{P_r}{P_o} \frac{\text{разница}}{T_r - T_2}}$ T_2' $870/70$ $840/40$ $845/45$ $850/50$ $810/10$ $825/25$
21	Теоретич. индикаторн. давление	$P_1 = \frac{P_o}{\varepsilon - 1} \left[\frac{\lambda}{0,3} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{0,3}}\right) - \frac{1}{0,33} \left(1 - \frac{1}{0,33}\right) \right]$ P_1 $3,5$ $3,95$ $4,02$ $4,32$ $4,5$ $4,8$
22	Действ. индикаторн. давление	$P_1' = P_1 \cdot 0,95 - 0,3$ P_1' $3-$ $3,45$ $3,5$ $3,8$ $4,0$ $4,25$
23	Эффект. мощность двигателя при $\eta_m = 0,83$	$N_e = 7,05 P_1'$ N_e 21 $24,2$ $24,7$ $26,7$ 28 30

16. P_e — давление газов в конце политропического расширения:

$$P_e = \frac{P_z}{\varepsilon m_2}$$

17. T_e — температура газов в конце расширения:

$$T_e = \frac{T_z}{\varepsilon m_2 - 1}$$

18. T_r' — температура газов в конце выталкивающего хода поршня — для генераторного газа:

$$T_r' = 0,95 T_e \sqrt[3]{\frac{P_z}{P_e}}$$

для керосина:

$$T_r' = 0,9 \cdot T_e \sqrt[3]{\frac{P_z}{P_e}}$$

Указанными формулами проверяются величины T_r , принятые в начале расчета.

В том случае, если

$$T_r' - T_r > 40^\circ,$$

расчет считался неверным, и вариант пересчитывался, задаваясь другими величинами и т. д. до тех пор, пока разница между T_r' и T_r получалась не больше 40° .

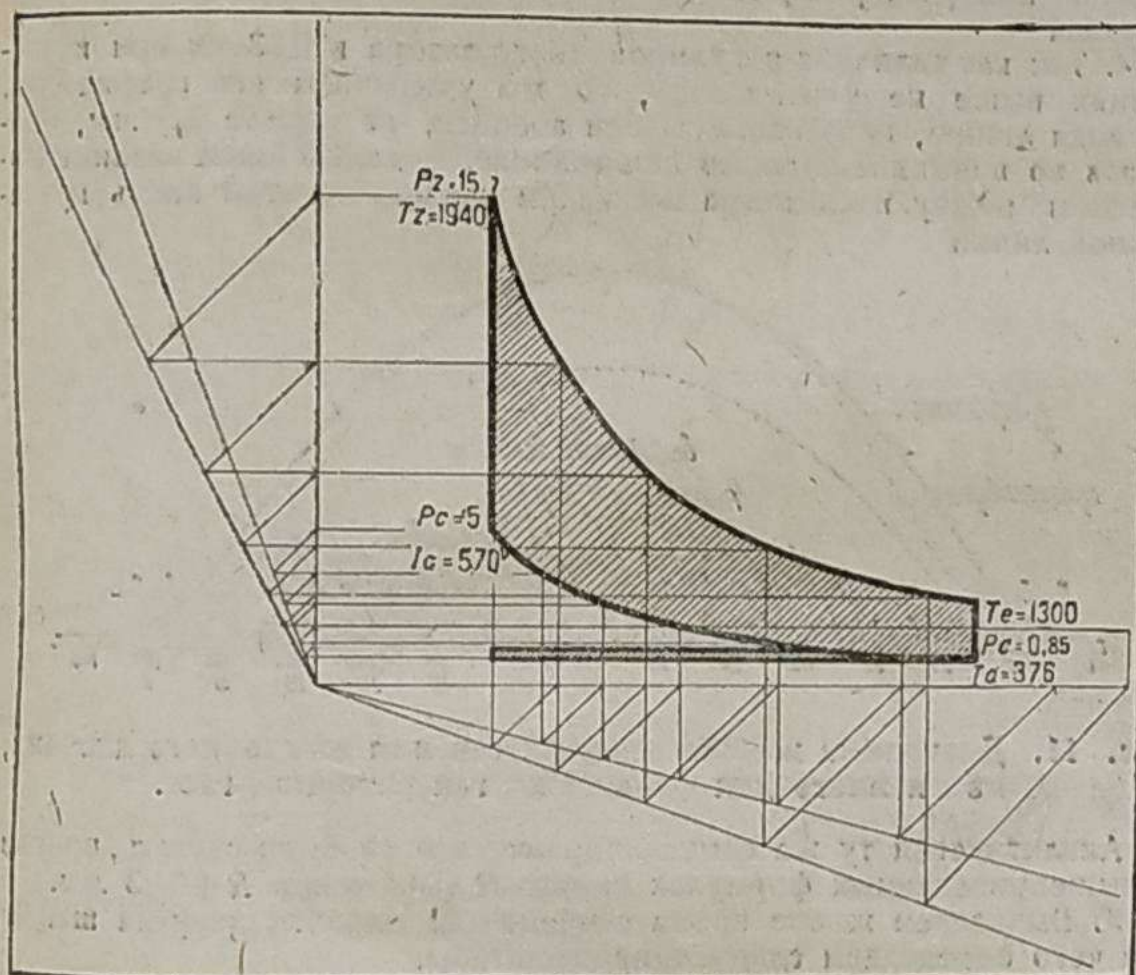


Рис. 4. Индикаторная теоретическая диаграмма при работе двигателя СТЗ на дровяном газе.

19. P_i — среднее теоретическое индикаторное давление:

$$P_i = \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \left[\frac{\lambda}{m_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon m_2 - 1} \right) - \frac{1}{m_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon m_1 - 1} \right) \right]$$

20. Действительное индикаторное давление:

$$P_i' = 0,95 \cdot P_i - 0,3$$

21. N_e — эффективная мощность двигателя для данного варианта:

$$N_e = 7,05 \cdot P_i'$$

где коэффициент 7,05 получен из формулы:

$$N_e = \frac{P_i' d^2 \cdot S \cdot n \cdot i \cdot \eta_m}{11500}$$

где:

d — диаметр цилиндра двигателя = 11,43 см,

S — ход поршня = 0,1524 м,

n — число оборотов = 1 060 об/мин.,

i — число цилиндров двигателя = 4,

η_m — механический коэффициент полезного действия = 0,83.

Величины d, S, n, i принимаются постоянными для всех вариантов; величина η_m хотя и не будет постоянной, но колебания ее будут незначительны. Увеличение степени сжатия вызовет легкое уменьшение механического коэффициента полезного действия.

Падение η_m можно с избытком компенсировать увеличением оборотности двигателя и принятием несколько большей степени сжатия ε . Падение η_m с увеличением ε и n происходит значительно медленнее, чем рост мощности от тех же факторов (ε и n).

22. Индикаторные диаграммы построены по способу Брауэра. Из индикаторных диаграмм (рис. 4 — 7) видны важнейшие шесть вариантов теплового расчета.

Задаваясь углом α , определяем $\angle \beta$ по уравнению:

$$\lg \beta = (1 + \lg \alpha)^m - 1$$

Под углом α и β проводим лучи к оси абсцисс и ординат. Имея начальные точки расширения и сжатия, определенные в тепловом

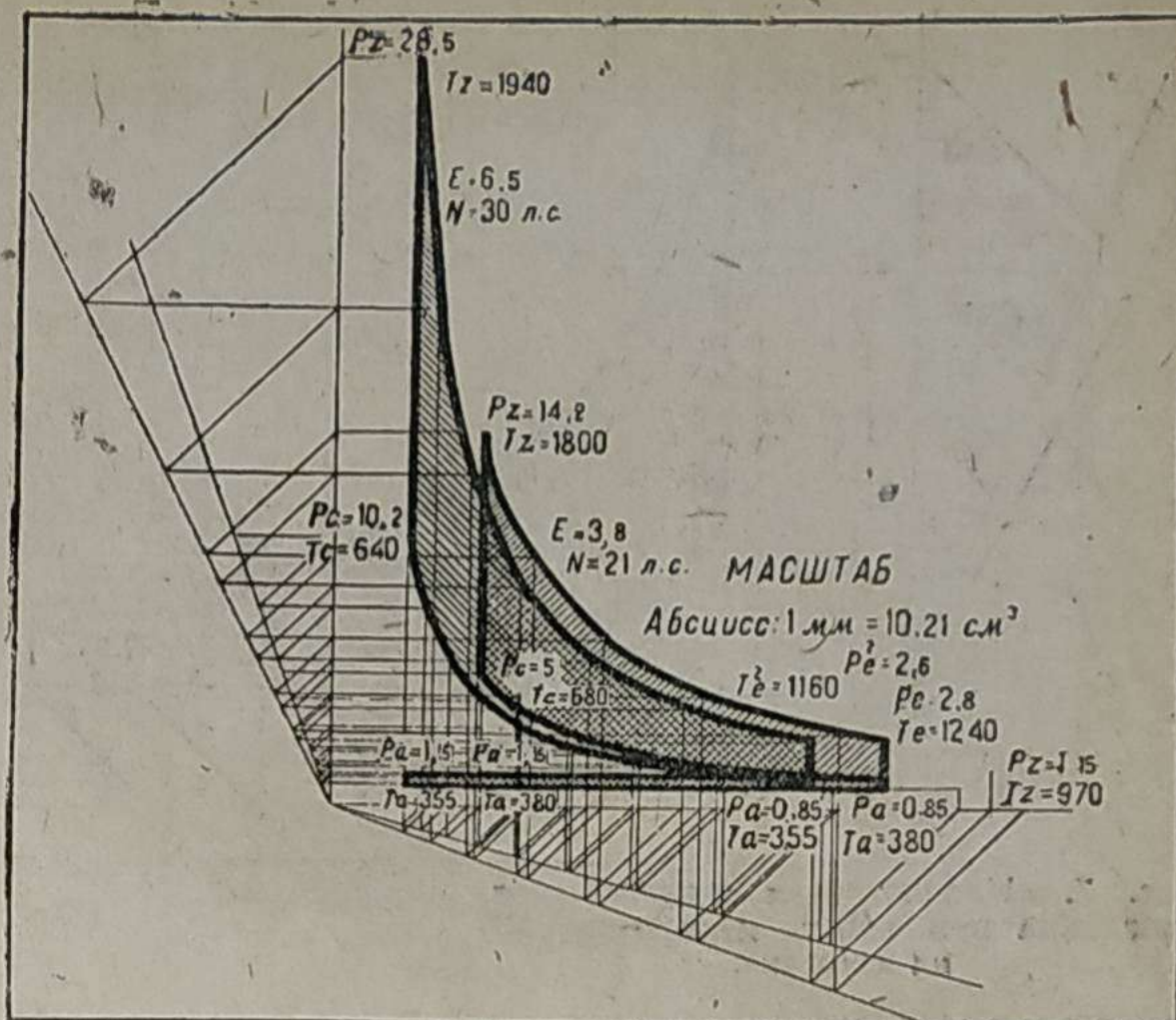


Рис. 5. Индикаторная теоретическая диаграмма при работе двигателя СТЗ на дровяном газе (без учета метана) при степенях сжатия $\varepsilon = 3,8$ и $\varepsilon = 6,5$.

расчете, ведем построение политропического расширения и сжатия, как указано на диаграмме рис. 7.

На основании диаграмм рис. 1, 2, 3 и др. мы можем сделать следующие выводы:

1) Мощность N и давление газов P_z в конце сгорания быстро растут для всех топлив, при повышении степени сжатия.

2) T_r — температура конца сгорания почти не изменяется с увеличением степени сжатия для данного газа, но средняя величина T_r для разных газов тем меньше, чем меньше калорийность газа.

3) T_a — температура газов в цилиндре двигателя в начале сжатия уменьшается с увеличением степени сжатия.

4) Коэффициент молекулярного изменения μ почти не зависит от степени сжатия и по своей абсолютной величине меньше для более калорийных газов.

5) Коэффициент остаточных газов γ уменьшается с увеличением степени сжатия.

6) Расчет показывает, что нормальная мощность двигателя при древесном газе достигается уже при степени сжатия 5,75.

Совершенно очевидно, что последний наиболее существенный вывод верен лишь в том случае, если верны исходные соображения и величины, которыми мы задавались в начале теплового расчета.

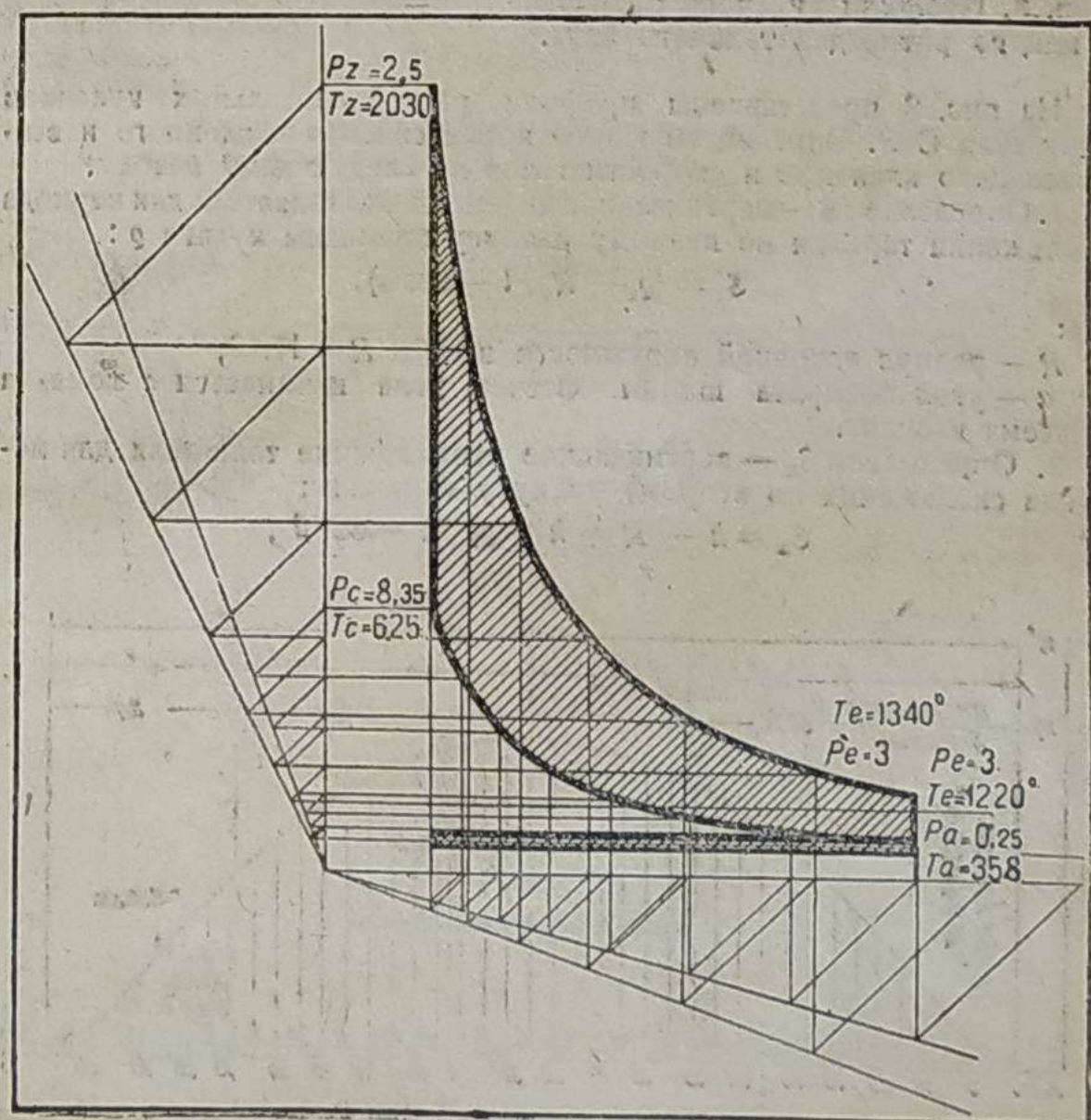


Рис. 6. Индикаторная теоретическая диаграмма при работе двигателя СТЗ на дровяном газе при степени сжатия $\varepsilon = 5,5$.

ветствует ордината в 69 мм, то 1 мм этой ординаты очевидно равен $\frac{1400}{69} = 20,3 \text{ мм}^2$ живого сечения, итак:

$$\mu_1 = 20,3 \text{ мм}^2,$$

причем, так как диаметр клапана остался без изменений, то масштаб ординат всех диаграмм одинаков.

Масштаб абсцисс

При 1050 об/мин. главного вала распределительный вал совершает в секунду $\frac{1050}{2 \cdot 60}$ оборотов или $\frac{1050 \cdot 360^\circ}{2 \cdot 60}$ градусов поворота.

Следовательно 1° поворота распределительного вала соответствует времени $\frac{2 \cdot 60}{1050 \cdot 360}$ сек.

Но 1° на диаграмме по предварительному масштабу соответствует 2 мм. Следовательно каждый миллиметр оси абсцисс соответствует:

$$\mu_2 = \frac{2 \cdot 60}{1050 \cdot 360 \cdot 2} = 0,000159 \text{ сек.}$$

Так как для всех вариантов число оборотов у нас принято одинаковое, то и масштаб абсцисс остается постоянным для всех диаграмм.

Масштаб площадей

$$1 \text{ мм}^2 = 20,3 \cdot 0,000159 = 0,00323 \text{ мм}^2/\text{сек.}$$

также остается постоянным для всех диаграмм.

Планиметрируем диаграмму живого сечения и определяем площадь $F \text{ мм}^2$ диаграммы.

Определяем живое время сечения:

$$\pi \cdot d \int h \cdot dt = \mu_3 F \text{ мм}^2/\text{сек.}$$

где t — время в секундах, в течение которого работает клапан.

6. Определяем w_c — среднюю скорость газов:

$$w_c = \frac{v_h}{\pi d \int h dt},$$

где v_h — рабочий объем цилиндра двигателя:

$$v_h = \frac{\pi D^2}{4} S = \frac{\pi \cdot 11,43^2}{4} 15,24 = 1560 \text{ см}^3,$$

или

$$v_h = 0,00156 \text{ м}^3.$$

Средняя скорость газов при выхлопе оказалась равной $w_c = 44 \text{ м/сек.}$, а средняя скорость газов при всасывании $w_c = 57 \text{ м/сек.}$

Такие большие скорости объясняются тем, что для двигателя СТЗ не выдержано обычно принимаемое соотношение между диаметром тарелки клапана и подъемом клапана:

$$h_{кл} = (0,25 \text{ до } 0,3) d_{кл},$$

по которому должно быть

$$h' = 0,25 \cdot 48 = 12 \text{ мм},$$

или

$$h'' = 0,3 \cdot 48 = 14,4 \text{ мм};$$

в действительности имеем всего:

$$h' = 9,3 \text{ мм},$$

$$h'' = 10,5 \text{ мм},$$

Предельной средней скорости газов 40 м/сек., при существующем распределении, мы достигаем уже при 750 об/мин. При обычной же оборотности эта скорость превышает на 43% при всасывании и на 10% при выхлопе.

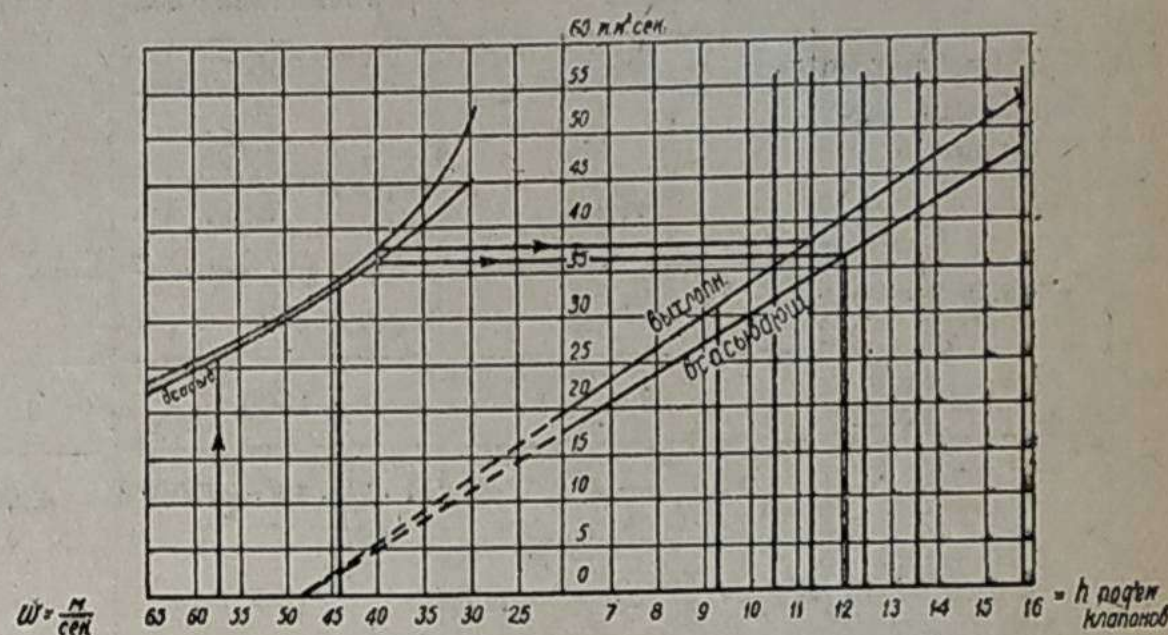


Рис. 13. Диаграмма зависимости средней скорости газов от изменения высоты подъема клапанов при нормальном числе оборотов $n = 1050 \text{ об/мин.}$

Для выяснения того, каков же должен быть подъем клапанов при обычной оборотности для достижения рекомендуемых скоростей газов, были произведены подсчеты, приведенные в табл. 4; на их основании составлена диаграмма (рис. 13, из которой видно, что для неперевышения рекомендуемой скорости газов в 40 м/сек. необходимо иметь подъем всасывающего клапана 12 мм и выхлопного 11 мм, чему соответствует максимальный подъем толкателя:

$$12 \frac{r_2}{r_1} = 12 \frac{45}{61} = 8,8 \text{ мм}$$

и

$$11 \frac{45}{61} = 8,1 \text{ мм},$$

где r_1 и r_2 — плечи коромысла распределения.

Остановившись на этих величинах как ориентировочных. Из дальнейшего будет видно, что при указанном изменении высоты подъема клапанов мы получим среднюю скорость всасывания 40 м/сек., среднюю скорость выхлопа 30 м/сек., что позволяет иметь запас на увеличение числа оборотов двигателя, если это понадобится.

Опережение выпуска

Из рассмотрения индикаторных диаграмм рис. 4—7 видно, что диаграмма для генераторного газа существенно отличается от диаграмм, составленных для керосина, а потому нами было обращено внимание на рассмотрение вопроса о величине угла опережения выпуска как наиболее чувствительного участка из всей диаграммы газораспределения.

С этой целью было определено живое время сечения предварения выхлопа для всех главнейших вариантов.

ТАБЛИЦА 4

Живые сечения при разных подъемах клапанов и при $n = 1050 \text{ об./мин.}$

Максим. подъем кла- пана		В с а с ы в.	h_1 мм	9,3	10	11	12	14
		В ы х л о п	h_2 мм	10,5	11,3	12,4	13,6	15,8
Масштаб	Ординат	$\mu_1 = \frac{\pi d_1 h_1}{69} = 2,18 h_1$	μ_1	20,3	21,8	24	26,2	30,5
	Площа- дей	$\mu_3 = M_1 0,000159$	μ_3	0,00323	0,00345	0,0038	0,00415	0,00485
Живое вре- мя сечения	Всас.	$f_1 = 8692 \mu_3$	f_1	28	30	33	36	42
	Выхл.	$f_2 = 10890 \mu_3$	f_2	35	37,5	41,5	45	53
Средняя ско- рость газов	Всас.	$W_1 = \frac{0,00156 \cdot 10^6}{f_1}$	$W_1 = \frac{м}{сек.}$	56	52	47,5	43,4	37
	Выхл.	$W_2 = \frac{0,00156 \cdot 10^6}{f_2}$	$W_2 = \frac{м}{сек.}$	45,5	41,5	37,6	34,7	29,5

ТАБЛИЦА 6
Определение предварения выхлопа по теории истечения газов

1	Рабочий газ		Керосиновая смесь	Газ „Компаунд“		Древесный газ		Древесный газ без метана	
2	Степень сжатия	ϵ	3,8	3,8	4,5	3,8	5,5	3,8	6,5
3	Вспомогат. вычисления $K = \frac{C_p}{C_v}$	$2g \frac{K}{K+1}$	$2 \cdot 9,81 \frac{1,34}{2,34} = 11$		Для всех вариантов				
4	Газовая постоянная	R	29	26		29,66		29,34	
5	Темп. газов в начале выхл.	T_1	1500	1500	1450	1340	1340	1240	1160
6	Вспомогат. вычислен.	$2g \frac{K}{K+1} RT_1$	$11 \cdot 29 \cdot 150 = 475000$	430000	415000	435000	435000	400000	375000
7	Критическая скорость истечения (м./сек.)	$W_{kp} = \sqrt{2g \frac{K}{K+1} RT_1}$	690	660	645	660	660	635	614
8	Вспомогат. вычисления	$\sqrt{\frac{2gK}{K-1}}$	$\sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 1,34}{0,34}} = 8,8$		Для всех вариантов				
9	„	$\sqrt{R}$	5,4	5,1	5,1	5,45	5,45	5,43	5,43
10	„	$\sqrt{\frac{2gKR}{K-1}}$	47,5	45	45	48	48	47,7	47,7
11	„	$\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}$	$0,8 \frac{0,34}{1,34} = 0,94$		Для всех вариантов				
12	Температура газов в конце расширения	T_e	1460	1450	1400	1300	1220	1200	1110
13	Вспомогат. вычисления	$\sqrt{T_1 \left(1 - 0,8 \frac{k-1}{k}\right)}$	$\sqrt{1460 \cdot 0,06} = 9,3$	9,3	9,2	8,86	8,6	8,5	8,2
14	Скорость второй стадии	$W' = \sqrt{\frac{2gKR}{K-1}}$ $\sqrt{T_1 \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]}$	$47,5 \cdot 9,3 = 430$	$45 \cdot 9,3 = 420$	$45 \cdot 9,3 = 420$	$48 \cdot 8,6 = 423$	$48 \cdot 8,6 = 412$	$47,7 \cdot 8,5 = 405$	$47,7 \cdot 8,2 = 390$
15	Вспомогат. вычисления	$\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} = 0,9^{0,25} = 0,97$			Для всех вариантов				
16	„	$\sqrt{T_2' \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]}$	$\sqrt{920 \cdot 0,03} = 5,26$	$\sqrt{1035 \cdot 0,03} = 5,6$	5,4	5,25	5,1	5,1	5
17	Скорость газов третьей стадии истечения	$W'' = \sqrt{\frac{2gKR}{K-1}}$ $\sqrt{T_1 \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]}$	$47,5 \cdot 5,26 = 250$	$45 \cdot 5,6 = 252$	$45 \cdot 5,4 = 243$	$48 \cdot 5,25 = 250$	$48 \cdot 5,1 = 245$	$47,7 \cdot 5,1 = 240$	$47,7 \cdot 5 = 238$
18	Температ. газов в конце выхл. (из табл. №1—4)	T''	920	1035	970	912	862	870	825
19	Вспомогат. вычисления	$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{2}{K+1}\right)^{\frac{k}{k-1}}$	$\frac{2 \frac{1,34}{0,34}}{2,34 \frac{1,34}{0,34}} = 0,535$		Для всех вариантов				
20	Удельный вес газов в начале выхлопа	$\gamma_e' = \frac{P_e}{RT_e'}$	$\frac{38000}{29 \cdot 1500} = 0,87$	$\frac{33000}{26 \cdot 1035} = 0,84$	$\frac{34000}{26 \cdot 1450} = 0,9$	$\frac{30000}{29,6 \cdot 1340} = 0,75$	$\frac{30000}{29,6 \cdot 1340} = 0,75$	$\frac{28000}{29,3 \cdot 1240} = 0,57$	$\frac{26000}{29,3 \cdot 1160} = 0,77$
21	Удельный вес газов в конце выхлопа	$\gamma_e = \frac{P_r}{RT_e''}$	$\frac{11500}{29 \cdot 920} = 0,43$	$\frac{11500}{26 \cdot 1035} = 0,43$	$\frac{11500}{26 \cdot 970} = 0,455$	$\frac{11500}{29,6 \cdot 912} = 0,425$	$\frac{11500}{29,6 \cdot 865} = 0,45$	$\frac{11500}{29,3 \cdot 870} = 0,45$	$\frac{11500}{29,3 \cdot 825} = 0,48$
22	Вес газов в начале выхлопа	G_e'	0,00159	0,00154	0,00153	0,00137	0,00129	0,0014	0,00133
23	Вес газов в момент начала выхлопа	$G_e = \frac{P_e \cdot V_e}{RT_e}$	$\frac{11500 \cdot 0,0021}{29 \cdot 1460} = 0,00057$	$\frac{11500 \cdot 0,0021}{26 \cdot 1450} = 0,00064$	$\frac{11500 \cdot 0,002}{26 \cdot 1400} = 0,00063$	$\frac{11500 \cdot 0,0021}{29,6 \cdot 1300} = 0,00047$	$\frac{11500 \cdot 0,00191}{29,6 \cdot 1220} = 0,00061$	$\frac{11500 \cdot 0,0021}{29 \cdot 1200} = 0,00068$	$\frac{11500 \cdot 0,00185}{29,3 \cdot 1110} = 0,00064$
24	Объем газов выхлопа	$V_e = l/\mu_3$	$206 \mu = 0,0021$	0,0021	0,002	0,0021	$186 \mu = 0,00191$	0,0021	$180 \mu = 0,00185$
25	Вес газов, ушедших за время предварит. выхлопа	$G_e' - G_e = G_{np}$	$\frac{0,00159}{0,00057} = 0,00102$	0,00090	0,0009	0,00090	0,00068	0,00072	0,00069
26	Средняя скорость истечения	$W_{cp} = \frac{W_{kp} + W' + W''}{3}$	$\frac{690 + 430 + 253}{3} = 460$	440	435	442	$\frac{1317}{3} = 457$	$\frac{632 + 405 + 240}{3} = 430$	$\frac{614 + 390 + 238}{3} = 415$

27	Средн. удельн. вес газов за время предварен. выхлопа	$\gamma_{cp} = \frac{\gamma_s' + \gamma_e}{2}$	$\frac{0,87}{0,43} = 0,65$ 1,30	0,635	0,675	0,58	0,6	0,5	0,67
28	Секундный условный выхлоп предварения газов	$g = f w_{cp} \cdot \gamma_{cp}$	$\frac{2,6 \cdot 400 \cdot 0,65}{10^6} = 0,0005$	$\frac{2,6 \cdot 440 \cdot 0,635}{10^6} = 0,00072$	0,00076	0,00066	0,00071	0,000555	0,00073
29	Необходимое время предв.	$t_{сеп} = \frac{G_{np}}{g}$	$\frac{0,00159}{0,0005} = 3,2$	$\frac{0,0009}{0,00072} = 1,25$	1,19	1,37	0,96	1,3	$\frac{0,00069}{0,00073} = 0,95$
30	Потребное время сечения предварения мм ² /сек.	$f = 2,6 t$	8,3	3,25	3,1	3,5	2,5	3,3	2,46
31	То же в %	%	100%	39%	37%	42%	20,6%	40%	20,5%

ТАБЛИЦА 5

Живое время сечения опережения выхлопа

1	Наименование рабоч. газа		Керосиновая смесь	Газ „Кампаунд“		Древесный газ		Древесный газ без учета метана	
2	Степень сжатия	ε	3,8	3,8	4,5	3,8	5,5	3,8	6,5
3	Давление в начале выхлопа	$P_e \frac{кг}{м^2}$	3,8000	33000	34000	30000	30000	18000	26000
4	Температура в начале выхлопа	$T_e, ^\circ \text{абс}$	1500°	1500	1450	1340	1340	1240	1160
5	Объем газов в начале выхлоп. в мм масштаб абсцисс диагр. № 4—7	$l, мм$	187	187	176	187	166	187	160
6	Объем газов в м ³ в начале выхлопа	$V = l \frac{1560}{152 \cdot 10^6} =$ $= l \cdot 0,0000103 \text{ м}^3$	0,00182	0,00182	0,0017	0,00182	0,0017	0,00187	0,00173
7	Вес газов в начале выхлопа	$G_e = \frac{P_e V_e}{R T_e} \text{ кг}$	$\frac{38000 \times 0,00182}{29,2 \times 1500} =$ $= 0,00159$	$\frac{33000 \cdot 0,00182}{26 \cdot 1500} =$ $= 0,00154$	0,00153	$\frac{30000 \cdot 0,00182}{29,6 \cdot 1340} =$ $= 0,00137$	0,00129	0,0014	0,00133
8	Вспомогат. вычисл.	$\sqrt[3]{T_e}$	$\sqrt[3]{1500} = 39$	39	38,2	36,8	36,8	35,3	34,1
9	P_e —давление газов в начале выхлопа см. диагр. № 4—7	$P_e^{-0,143} = \frac{1}{P_e^{0,143}}$	$\frac{1}{3,8^{0,143}} = 0,83$	$\frac{1}{3,3^{0,143}} = 0,85$	0,86	$\frac{1}{3^{0,143}} = 0,86$	0,86	0,87	0,87
10	Вспомогат. предва- рит. вычисление	$P_e^{0,86}$	$3,8^{0,86} = 3,16$	$3,3^{0,86} = 2,78$	2,85	$3^{0,86} = 2,56$	2,56	2,42	2,26
11	P_p —давление газов в выхлоп. трубе	$P_p^{-0,143} = \frac{1}{P_p^{0,143}}$	$\frac{1}{1,2^{0,143}} = 0,97$	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
12	Требующ. живое время сечения пред- вар. выхлоп.	$\int f dt =$ $= G_e \sqrt[3]{T_e (P_e^{0,143} - P_p^{0,143}) 10^6}$ $670 \cdot P_e^{0,86}$	$\frac{0,00159 \cdot 39 (1,97 - 0,83) \cdot 10^6}{660 \times 3,16} =$ $= 4,2$	$\frac{0,00137 \cdot 39 (0,97 - 0,85) \cdot 10^6}{660 \cdot 2,78} =$ $= 3,9$	3,4	$\frac{0,00137 \cdot 36,8 (0,97 - 0,86) \cdot 10^6}{660 \cdot 2,56} =$ $= 3,2$	3,1	3,1	3,0
13	Имеющееся время сечен. см. диагр. № 11—12		2,6 мм ² сек.						
14	% обеспече- ния про- тив требуемого		$100 \frac{2,6}{4,2} = 62\%$	67	77	81	84	84	87
15	R—газовая постоян- ная	$R = \frac{g}{G} R_1 + \frac{g_2}{G} R_2 +$ $+\frac{g_3}{G} R_3 + \dots$	29,2	26		26		29,34	

Согласно формуле, опубликованной проф. Е. Д. Львовым, указанное живое время сечения равно:

$$\int_{t_1}^{t_2} f \cdot dt = G_e \sqrt{T_e'} \frac{(P_e^{-0,143} - P_1^{-0,143})}{660 P_e^{0,86}} \text{ мм}^2/\text{сек.},$$

где:

$$\int_{t_1}^{t_2} f \cdot dt = \text{искомое сечение},$$

G_e — вес в килограммах,
 T_e' — температура в абс. градусах,
 P_e — давление в атм.,
 P_1 — давление в глушителе в атм.

для тех газов, которые имеются в цилиндре в момент начала выхлопа.

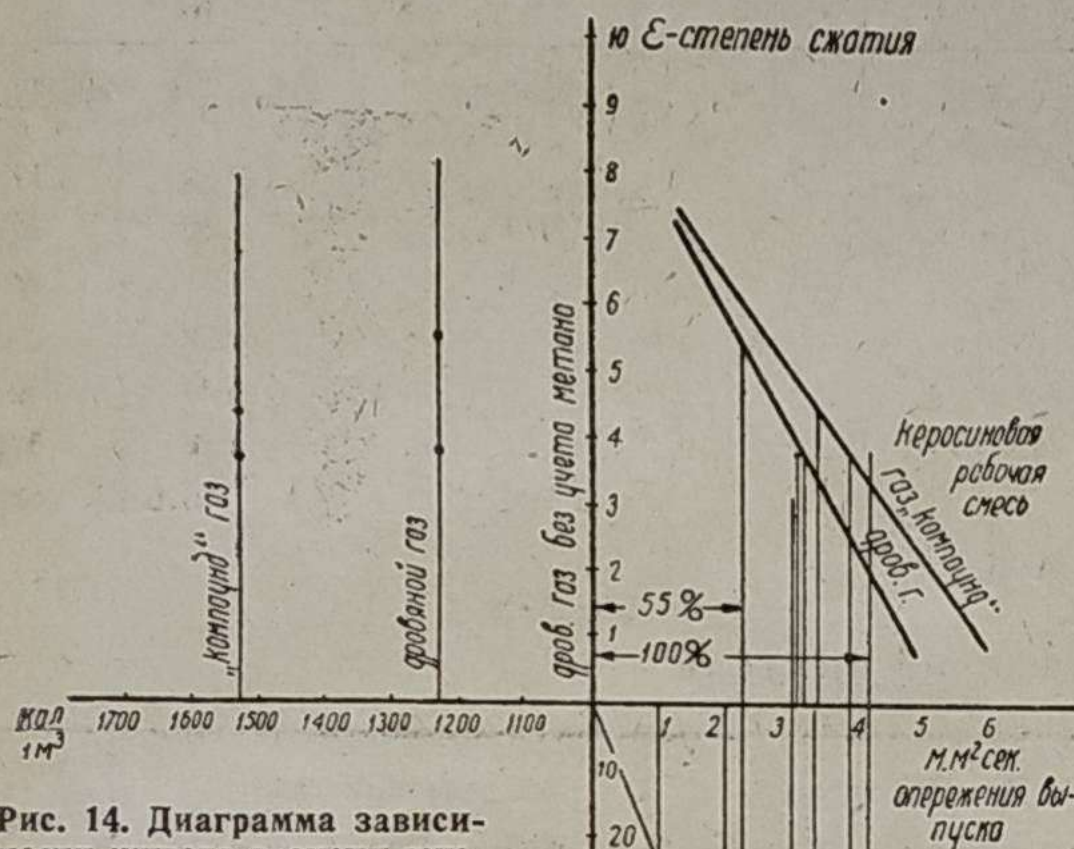


Рис. 14. Диаграмма зависимости живого времени сечения опережения выпуска от степени сжатия.

В результате этих подсчетов, приведенных в табл. 5, была составлена диаграмма рис. 14, из которой видно, что:

1) чем больше калорийность газов, тем большая требуется величина предварения выхлопа; в противном случае скорости выхлопа будут возрастать, а следовательно и сам выхлоп затрудняется;

2) при одном и том же газе время сечения предварения выхлопа может быть уменьшено при увеличении степени сжатия, без ущерба для средней скорости газов;

3) предварение выхлопа при генераторном газе можно уменьшить раза в два по сравнению с предварением для керосина.

Последний вывод был повторно проверен подсчетами (табл. 6) на основе теории истечения. При этом последовательно определялось:

1) W_k — величина наибольшей критической скорости истечения газа в начале истечения газов:

$$W_k = \sqrt{2g \frac{k}{k+1} RT_1}$$

где:

$$g = 9,81 \text{ м/сек.},$$

$$k = \frac{C_p}{C_v} = 1,34,$$

R — газовая постоянная,

T_1 — температура газов в момент начала выхлопа.

2) W' — скорость второй стадии истечения, когда критическая скорость упадет при условии, что

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} = \approx 0,528;$$

т. е.

$$P_2 = P_1 \cdot 0,528$$

$$W^1 = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot k \cdot R}{k-1}} \sqrt{T_1 \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}$$

где:

P_2 — давление в глушителе,

P_1 — давление газов в цилиндре двигателя в момент истечения,

T_1 — температура газов в момент конца расширения выхлопа — берем из теплового расчета.

Величину

$$k = \frac{C_p}{C_v}$$

определяем по формуле (Наумов, стр. 75, Теплотехника):

$$k = 1 + \frac{1,99}{4,625 + 0,00106 \cdot T} = 1,34.$$

3) W'' — скорость третьей стадии истечения, когда отношение

$$\frac{P_2}{P_1} = 0,9.$$

$$W'' = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot k \cdot R}{k-1}} \sqrt{T_1' \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}$$

где T_1 — температура газов в момент конца выталкивающего хода поршня.

4) Средняя скорость истечения за период предварения выхлопа:

$$W_{cp} = \frac{W_k + W' + W''}{3}.$$

5) Средний удельный вес газов за время предварения выхлопа газов

$$\gamma_{cp} = \frac{\gamma' + \gamma''}{2}.$$

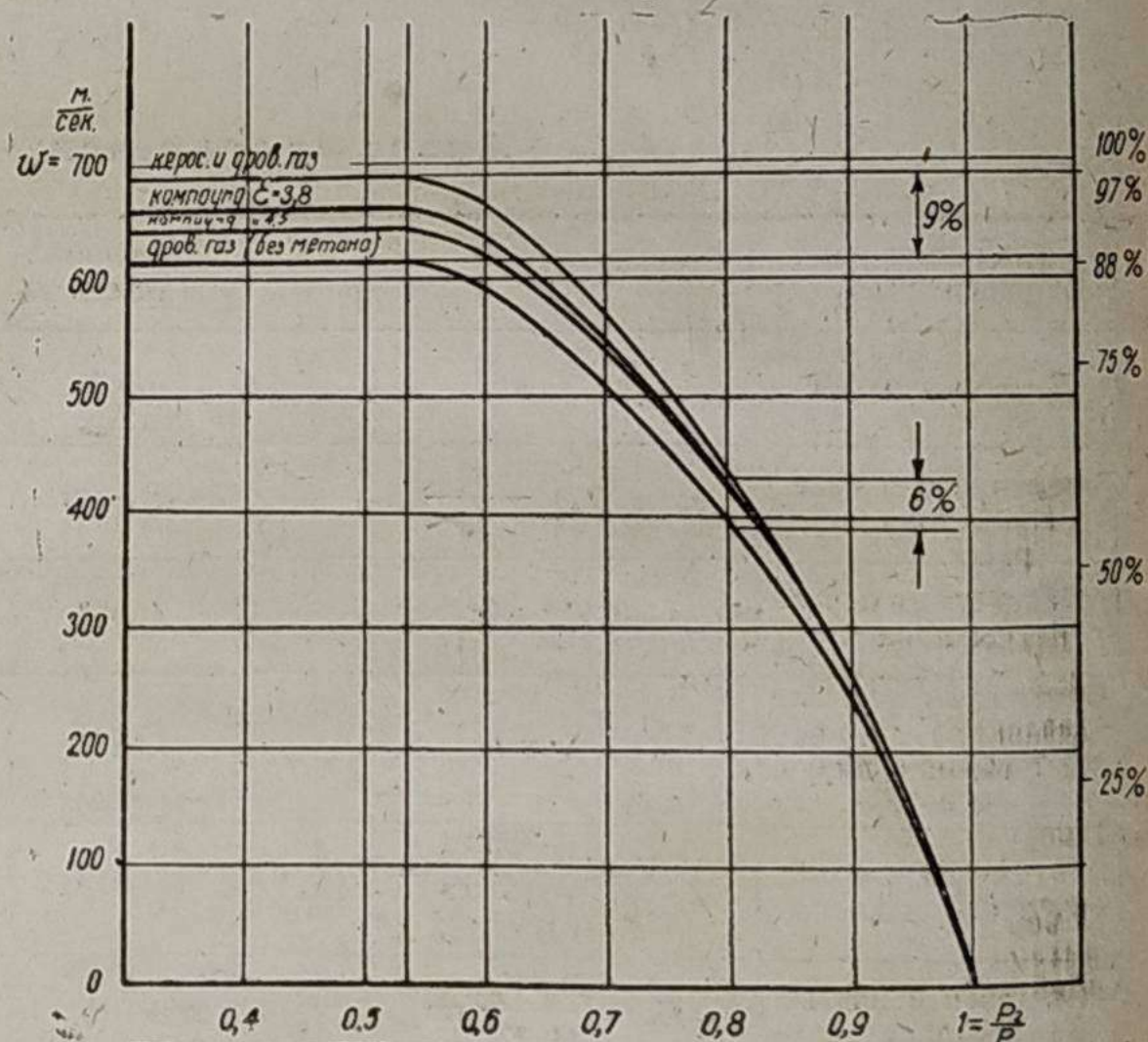


Рис. 15. Диаграмма скоростей истечения различных газов в зависимости от перепада давления.

6) g кг/сек. — количество газов, способных выйти при таких скоростях из цилиндра двигателя в течение каждой секунды (условно) через среднее живое время сечения предварения выхлопа:

$$g = f' \cdot W_{cp} \gamma_{cp} \text{ кг/сек.},$$

где

$$f' = \frac{2,6}{10^6} \text{ м}^2/\text{сек.}$$

есть время сечения предварения, равное 2,6 мм²/сек.

7) Время, необходимое для предварения выхлопа:

$$t_{сек} = \frac{G_{np}}{g} \text{ сек.}$$

8) Потребное время сечения предварения выхлопа:

$$f'' = 2,6 \cdot t \text{ мм}^2/\text{сек.}$$

9) Потребное для разных газов время сечения предварения в процентах, если за 100% принять таковое для керосина.

10) Построение диаграммы рис. 15 — на основе всех предыдущих подсчетов, из которых видно, что третий вывод сделан верно.

Итак, теоретические выводы говорят, что следует увеличить подъем клапанов. Посмотрим, возможно ли это конструктивно. Из конструктивных чертежей ясно видно, что габариты это вполне позволяют. Остается только один вопрос — потребуется ли менять размер пружин? Известно, что клапанная пружина должна быть все время "сильнее" отрицательных сил инерции возвратно движущихся масс системы распределения.

Упругих деформаций клапанных пружин

Старая пружина			Новая пружина		
№№ опыта	длина после сжатия	усилие, развитое при сжат.	№№ опыта	длина	усилие
	мм	кг		мм	кг
1	97	4	11	104	5
2	104	0	12	110	0
3	89	10	13	98	10
4	83	13	14	91,5	15
5	78	17,5	15	89	17,5
6	74	20	16	86	20
7	68	25	17	81	25
8	65	26	18	79	27,5
9			19	76	30
10			20	72	32,5
			21	96,5	11

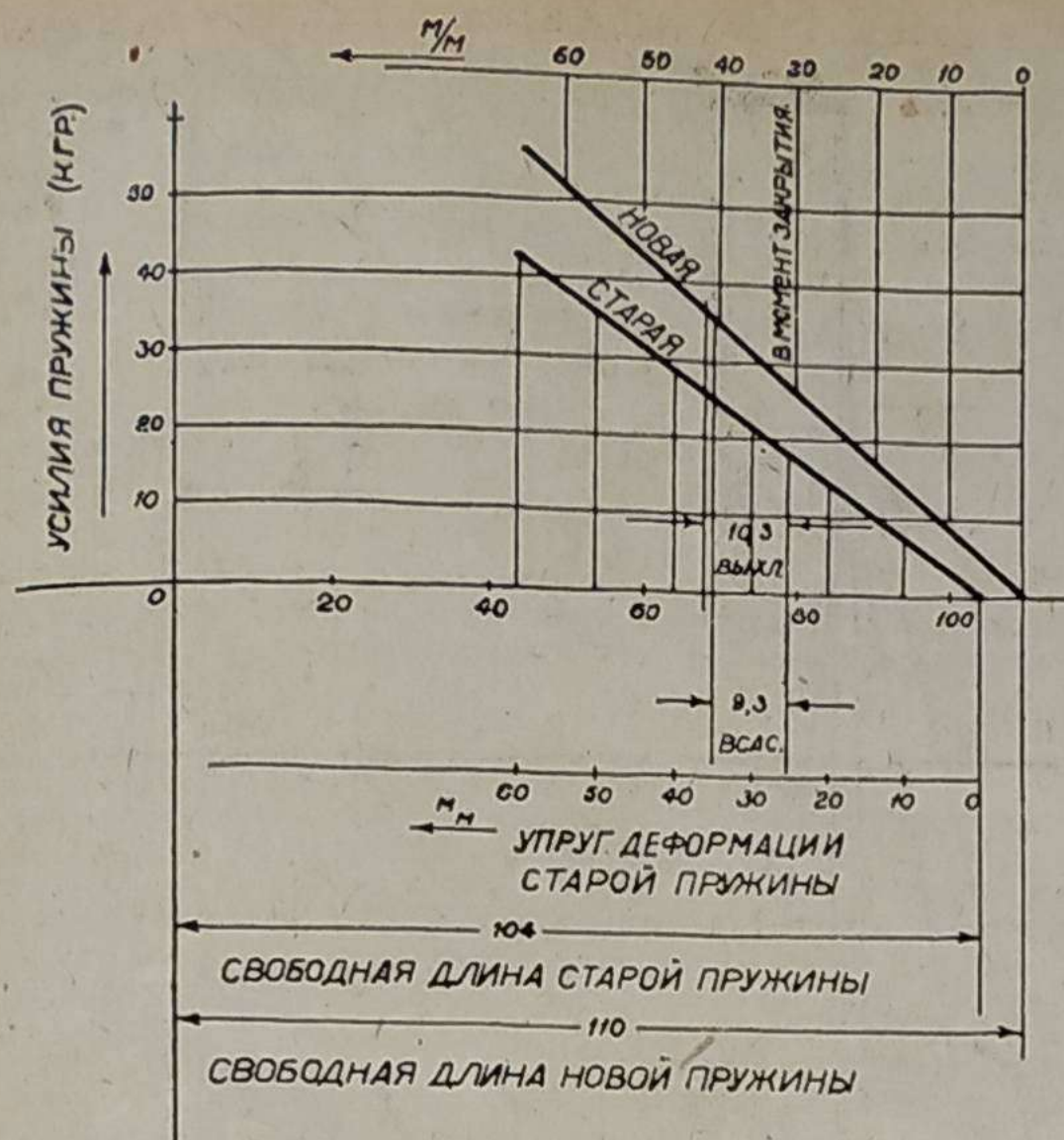


Рис. 16. Диаграмма закона Гука в применении к старой и новой клапанной пружине.

Проверка этого вопроса выполнена, и результаты ее приведены на диаграммах рис. 16, 17 и 18.

Диаграмма рис. 16 показывает возрастание усилий при упругой деформации старой и совершенно новой клапанных пружин. Диаграмма эта была составлена после испытания клапанных пружин (см. табл. 7).

Клапанная старая пружина в момент покоя клапана прижимает его к гнезду с силой 18 кг, а в момент максимального подъема клапана пружина развивает усилие, противодействующее силам инерции, равное 25 кг; те же цифры для новой пружины будут: 28 и 36 кг. Определяем величину сил инерции возвратно движущихся масс, для этого последовательно определяем:

1) Величину массы движущихся частей распределения.

При работе распределения с правой стороны оси коромысла распределения движутся части, вес которых был определен взвешиванием (рис. 19):

1. Правая сторона рычага 129 г
2. Шайба пружины с замком 53 „
3. 1/2 пружины — 0,5 · 118 г. 94 „
4. Клапан. 253 „

Итого . . . $P_1 = 529$ г.

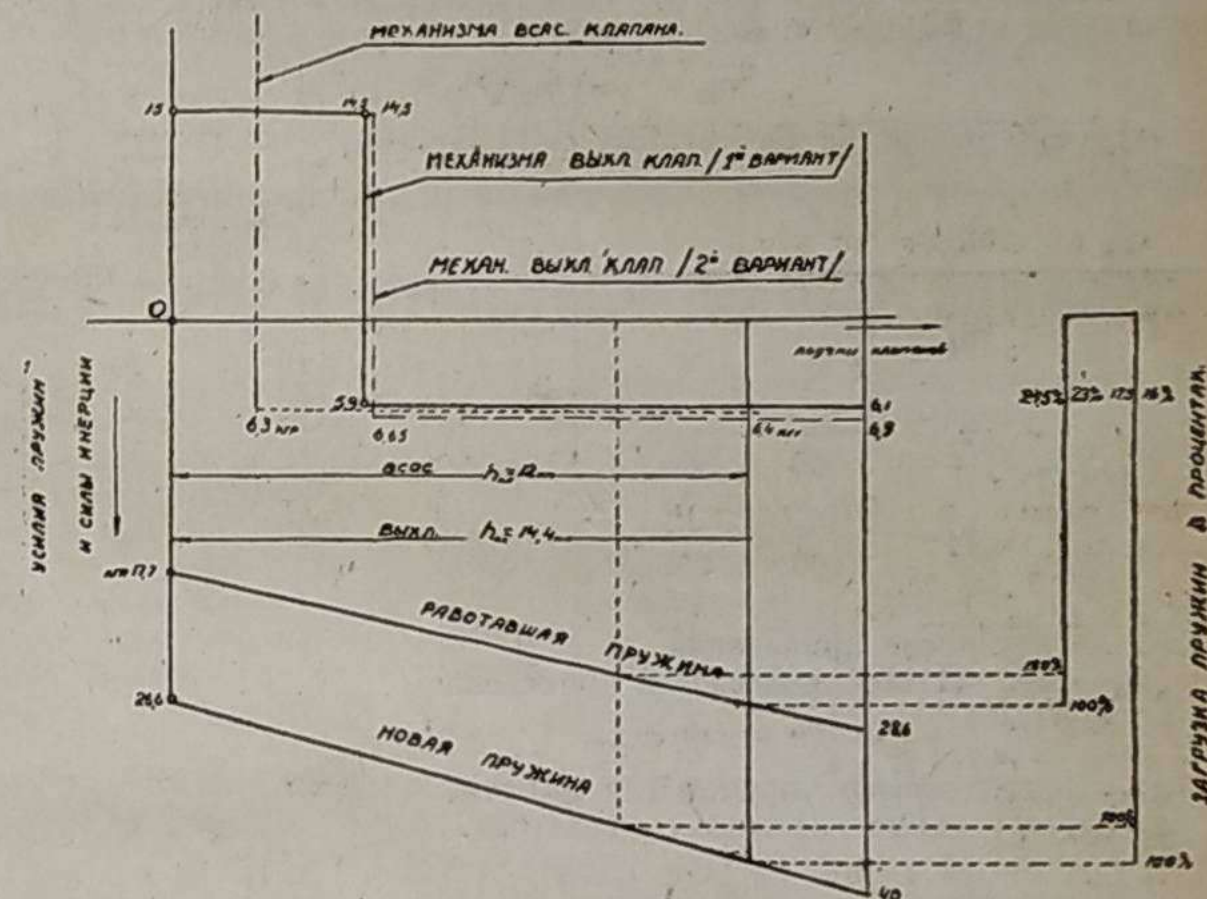


Рис. 18. Диаграмма сил инерции измененного распределительного механизма и усилий клапанных пружин.

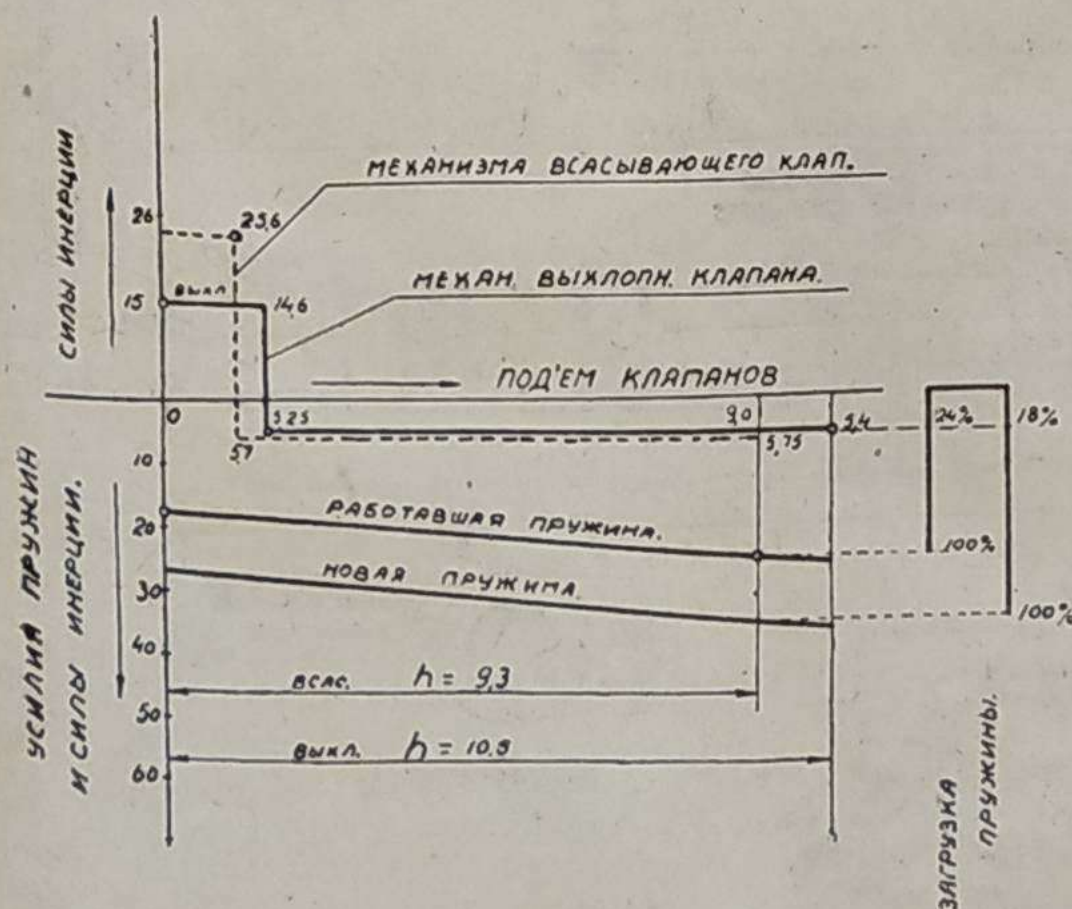


Рис. 17. Диаграмма сил инерции существующего распределительного механизма и усилий клапанных пружин.

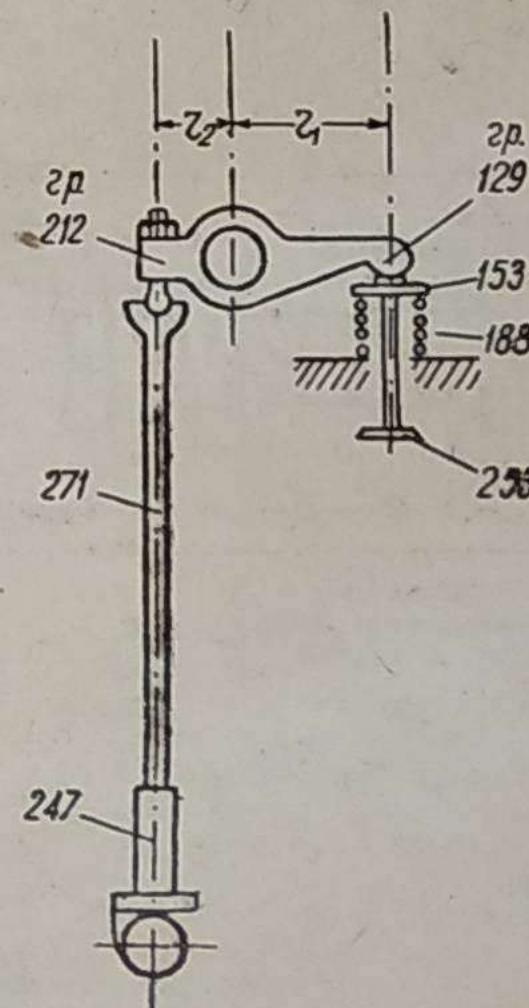


Рис. 19.

Вес частей газораспределения.

- С левой стороны клапанного рычага движутся части:
- | | | |
|---|-------------|----|
| 1. Левая сторона рычага с болтиком и контргайкой. | 212 | г. |
| 2. Штанга толкателя | 271 | н. |
| 3. Толкатель | 247 | н. |
| <hr/> | | |
| Итого | $P_2 = 730$ | г. |

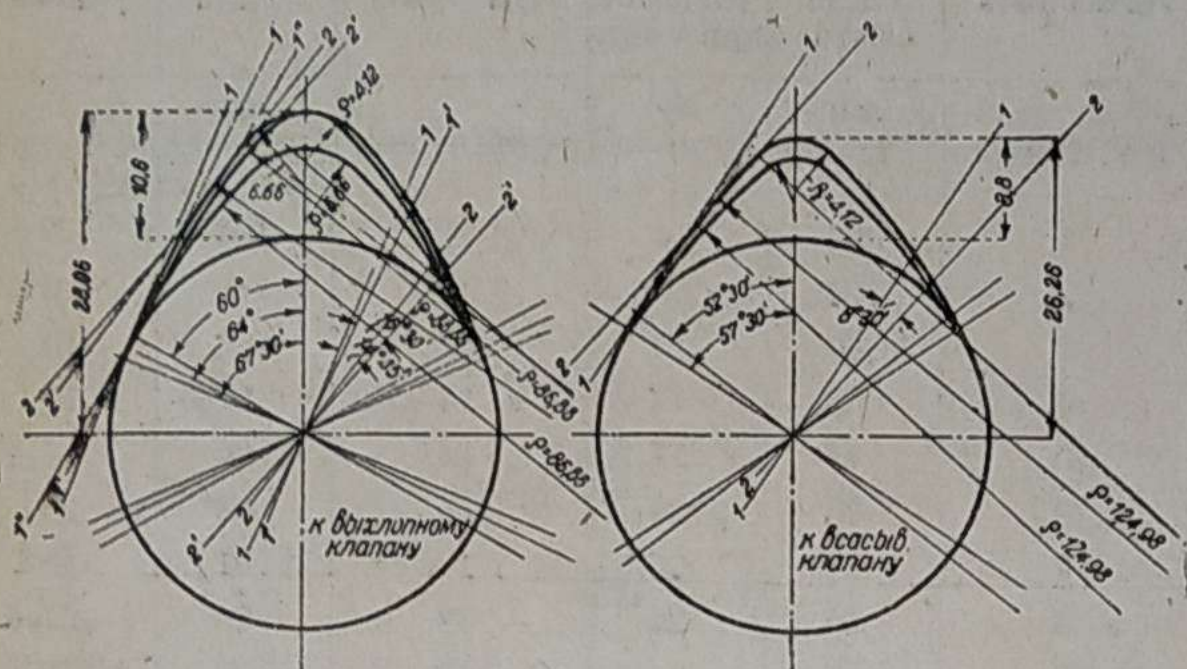


Рис. 20. Профиль кулачков распределительного вала, измененных для работы на генераторном газе.

Приводим этот вес к радиусу действия правого рычага, где располагается пружина. Имеем формулу:

$$m_2 v_1^2 r = m_2 v_2^2 a$$

(из условий равенства касательных сил инерции), где:

$$m_1 r = \frac{P_1 r}{g},$$

$$m_2 = \frac{P_2}{g},$$

$$v_1 = \frac{2\pi \cdot r_1 n}{60} \frac{a}{360^\circ},$$

$$v_2 = \frac{2\pi \cdot r_2 n}{60} \frac{a}{360^\circ},$$

где:

- $P_2 r$ — вес после приведения,
- P_2 — вес частей, подлежащий приведению,
- $r = 61$ мм } рычаги коромысла,
- $r_2 = 45$ мм }
- n — число качаний коромысла в минуту,
- a — угол качания коромысла в градусах.

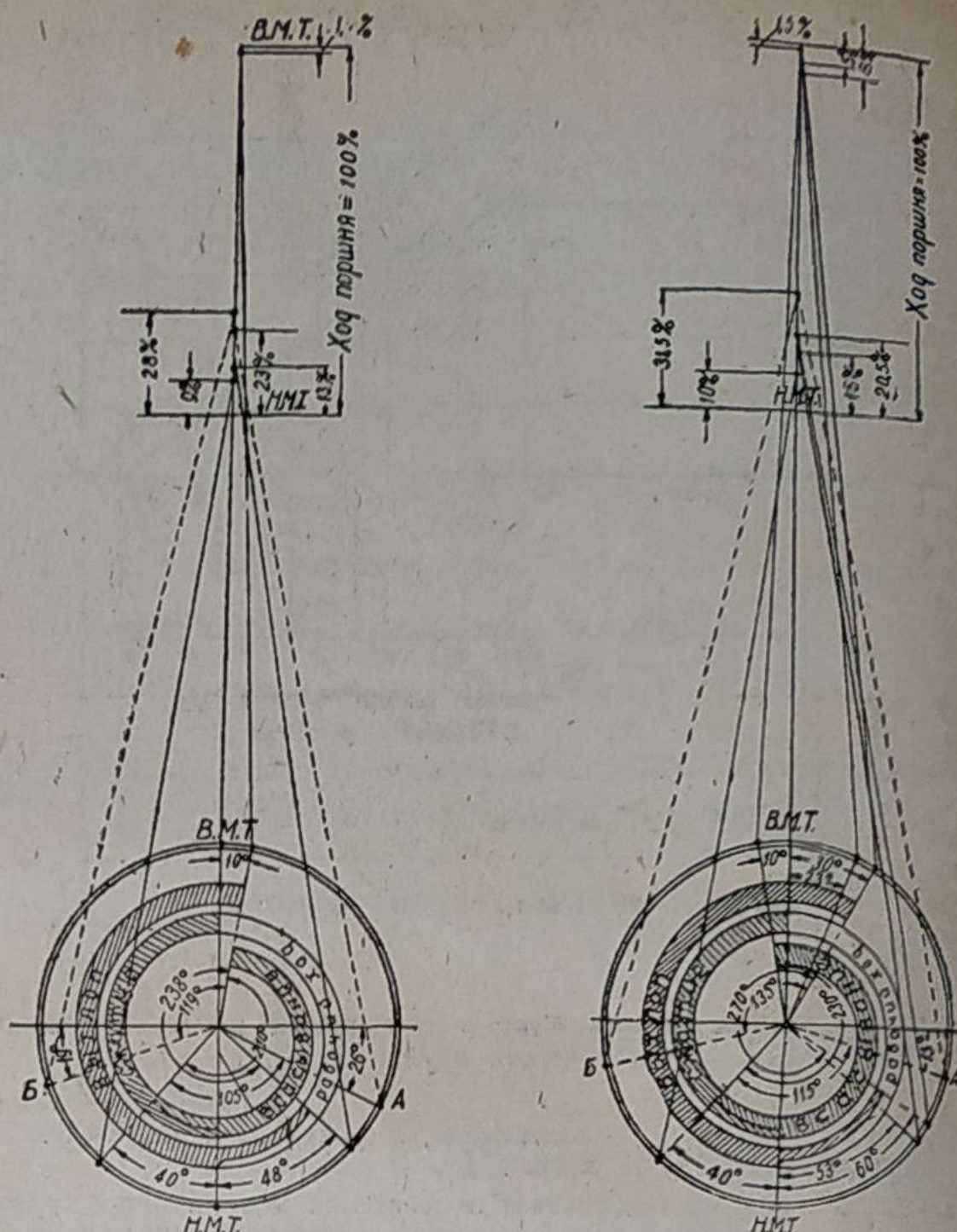


Рис. 21. Диаграмма газораспределения, существующего для работы на керосине.

Рис. 22. Диаграмма газораспределения, измененного для работы на генераторном газе.

Итак:

$$\frac{P_2 r}{g} \left(\frac{2\pi \cdot r_1 n}{60 \cdot 360} \right)^2 = \frac{P_2}{g} \left(\frac{2\pi \cdot r_2 n}{60 \cdot 360} \right)^2$$

или

$$P_2 \cdot r \cdot r_1^2 = P_2 r_2^2.$$

$$P_{2r} = P_2 \left(\frac{r_2}{r} \right)^2 = 730 \left(\frac{45}{61} \right)^2 = 730 \cdot 0,74^2 = 395 \text{ г.}$$

Итого общий вес движущихся частей:

$$G = P_1 + P_{2r} = 529 + 395 = 924 \text{ г.}$$

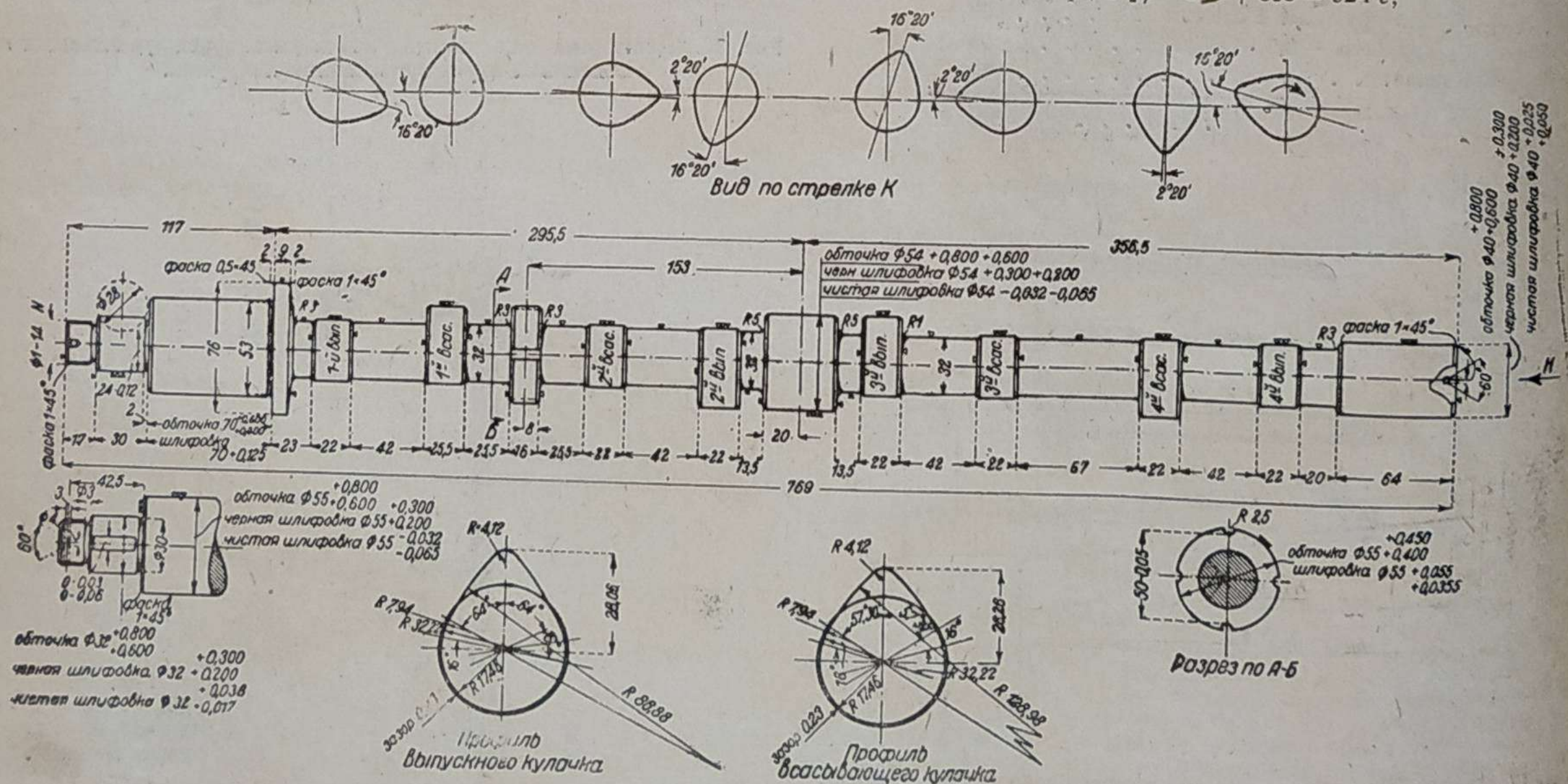


Рис. 23. Распределительный валик, приспособленный для работы на генераторном газе.

искомая масса

$$m = \frac{G}{g} = \frac{0,924}{9,81} = 0,09 \frac{\text{кг/сек.}^2}{\text{м}}$$

2) Силу инерции J_1 покоя частей, масса которых определена выше:

$$J_1 = m \cdot C_1$$

где C_1 — ускорение клапана в момент открытия.

3) Силу инерции J_2 в момент перехода с радиуса ρ_1 на ρ_2 :

$$J_2 = m C_2,$$

где C_2 — ускорение в тот же момент.

4) Определяем отрицательную силу инерции J_3 для начального момента скольжения по радиусу ρ_2 :

$$J_3 = m_3 C_3,$$

где C_3 — соответствующее ускорение.

5) Определяем максимальную отрицательную силу инерции J_4 в момент полного подъема клапана (когда клапан на мгновение приостанавливается):

$$J_4 = m \cdot C_4,$$

где C_4 — соответствующее отрицательное ускорение.

Из диаграммы рис. 17 и 18 видно, что при всех вариантах даже старая пружина использована только на 24,5%.

Использование усилия той же старой пружины в существующем распределении равно 24%. Это указывает на полную возможность изменить профиль кулачка без изменения размеров пружины, что очень важно, так как изменение производства пружины чрезвычайно нежелательно.

На рис. 20 приведены основные варианты профилей кулачков.

Для этих же вариантов на диаграммах рис. 11 и 12 построены диаграммы живых времен сечений клапанов.

На рис. 21 и 22 даны диаграммы фаз газораспределения как существующего, так и измененного с приспособлением к генераторному газу.

Окончательным является тот вариант распределительных кулачков, который дал среднюю скорость газов выхлопа 31 м/сек. (2-й вариант) и среднюю скорость всасывания 40 м/сек.

Из рис. 20 видно, что при переделке профиля мы старались сохранить радиусы кривизны прежних профилей в целях облегчения изготовления и контроля изготовления валов с измененным профилем.

Из диаграммы газораспределения видно, что угол опережения открытия выхлопного клапана = 33°, точно так же как и угол запаздывания закрытия выхлопного клапана равен 20°, слишком велик.

Дело в том, что окончательное установление этих углов требует наличия действительной индикаторной диаграммы. Эти углы должны выявиться методом постепенного стачивания или шлифовки кулачка. Снятие индикаторной диаграммы должно чередоваться с постепенным шлифованием профиля кулачка. Используя все четыре выхлопных кулачка на одном экспериментальном распределительном валу, будет возможно вполне точно установить углы, при которых индикаторная диаграмма максимальна. То же самое надо сказать про угол предвращения открытия всасывающего клапана, взятого пока с запасом в 10%.

Не исключена возможность, что для специфических условий работы двигателя на генераторном газе будет выгодно остановиться на профиле несимметричного кулачка, что даст лучшее совпадение максимального открытия клапана с максимальной скоростью поршня. Предлагаемое нами распределение предполагает уменьшить это несовпадение до 15°, что, без сомнения, увеличит значимость каждого кв. миллиметра живого времени сечения клапана. В существующем газораспределении это несовпадение доходит до 26° при всасывании и до 19° при выхлопе.

В целях проверки сделанных нами выводов мы предлагаем изготовить экспериментальный двигатель со следующими изменениями по сравнению с обычным двигателем:

1) изменяется распределительный вал на основе теоретических расчетов и практических соображений (рис. 23);

2) изменяется головка поршня так, что степень сжатия увеличивается до 5,5;

3) манифольд меняется в части устранения подогрева.

Аннотации иностранных журналов

1) «Le Service des freins», из журн. «La Vie automobile», август 1933 г. (стр. 274—276).

Безопасность эксплуатации автомашин главным образом обусловлена эффективностью тормозов. В виду этого весьма существенно, чтобы тормоза находились в полной исправности и были хорошо подтянуты (отрегулированы). В статье описаны новые методы обслуживания тормозов, при которых подтягивание, ранее производившееся ручным способом, теперь осуществляется специальными приспособлениями типа «Текалемит» и «Бендикс», которые с большой точностью отмечают тормозную силу на каждое колесо. Следует подробное описание их конструкции и применения, а также приложено несколько фотографий, наглядно их изображающих.

2) Zinc base alloy die castings find steadily widening field of automotive application, из журн. «Automotive Industries» июль 1933 г. (стр. 72—75).

Отливки из цинковых сплавов находят все большее распространение в автомобильной промышленности. Автор описывает, как в связи с получением высококачественного цинка стали применять отливки с примесью последнего; на четырех приложенных к статье таблицах приведены физические свойства такого рода отливок и приводятся сравнения с отливками из других материалов.

3) Electrical equipment required for Shau hain ing из Railway Electrical Engineer, июль 1933 г. (стр. 142—147).

Все оборудование в новой окрасочной камере в Иллинойсе электрифицировано. Этим обеспечиваются благоприятные условия для окрасочной работы и достигается значительная экономия. Вентиляционная система приводится в действие мощными моторами «Вестингауз». Вы-

тяжки в полу с автоматическими регуляторами производят полное вентилирование рабочих мест и удаляют пары красок. Наличие автоматических регуляторов не дает возможности выхода теплого воздуха из камеры, что имеет существенное значение в холодное время года. Все электрическое оборудование и выключатели паронепроницаемы. Приложен ряд фотографий.

4) «Manchester Passenger transport» из журн. «The municipal review», январь 1933 г. (стр. 13—14).

Здание нового автобусного гаража, построенного в городе Манчестере, занимает площадь в 245 акров. Ряд колонн посредине гаража образует два пролета: один в 137 и другой в 145 футов. Крыша гаража поддерживается консольными фермами, причем в коньках крыши предусмотрены вентиляторы. В гараже имеется девять рабочих ям для производства текущего ремонта, соединяющихся с мастерской, расположенной ниже уровня земли. Там же находятся верстаки. Для капитального ремонта имеются шесть рабочих ям. Интересно отметить, что бензинораздаточные колонки типа «Гаммонд» находятся в отдельном помещении под наблюдением специального служащего, отмечающего количество накачиваемого бензина, номер колонки и заправляемого автобуса. Подземные цистерны рассчитаны на 20 000 гал. бензина и 1 000 гал. смазочного масла. Последнее нагнетается электрическими насосами в колонки, находящиеся в том же помещении, где и бензинораздаточные колонки.

5) «Witterung und Verbrennungsmot» из журн. «Automobil technische Zeitschrift», июль, 1933 г. (стр. 325—327).

Автор статьи доказывает, что погода имеет большое влияние на горючее и на коэффициент полезного действия дизель-мотора и карбюраторного двигателя. На-

ряду с изменением объемного коэффициента полезного действия изменяется и термодинамический. Температура, давление и сырость воздуха являются теми метеорологическими элементами, которые оказывают главное влияние на эффективность работы двигателей внутреннего сгорания. Используя метеорологические наблюдения, вычисляется производительность автомобильных двигателей за целый год.

6) «Gaphisches Verfahren zur Darstellung und Bewertung von Fahrleistungen» из журн. «Automobil technische Zeitschrift», июль 1933 г. (стр. 327—333).

В этой статье изложена система определения тяговых качеств автомашин, на которые ранее мало обращали внимания при оценке той или другой машины, тогда как главное значение придавали первоначальной стоимости, продолжительности срока полезной службы, амортизации и т. п.

7) «Eine neue Art der Verkehrsregelung» из журн. «Automobil technische Zeitschrift» июль 1933 г. (стр. 343—344).

Ни один из имеющихся до настоящего времени методов регулирования уличного движения не может быть признан совершенным. Наиболее отвечающей всем требованиям современности считается новая система, выработанная фирмой «Сименс и Гальске». По этой системе на известном расстоянии от места скрещивания улиц на уровне мостовой устанавливаются контактные плиты, в которых под тяжестью проезжающего по ним автомобиля замыкается на известное время контакт, и тем самым зажигается сигнальная лампочка на перекрестке. Следует подробное описание этой системы и прилагаются три чертежа, изображающие поперечное сечение контактной плиты, расположение ее около перекрестка и, наконец, схему распределительного соединения.

ПРИРОДНЫЕ ГАЗЫ—НА СЛУЖБУ АВТОТРАНСПОРТУ

Инж.-мех. А. С. ЯБЛОНСКИЙ

«Смягчение и затем полная ликвидация дефицита топлива требует максимального увеличения добычи и использования местных топлив (торф, сланец, местные угли и природные газы)». (Из постановления XVI съезда партии)

В последнее время уделяется все больше и больше внимания газообразным горючим как топливу для авто-тракторного двигателя. В основном речь идет об искусственных газах (светильный, шевель-газ, газы сланцеперегонки и проч.) и только в журнале «Мотор» № 5 за 1933 г. природные газы выдвинуты как самостоятельный вид топлива.

По инициативе актива специалистов при Сев.-Кавк. КрайКК РКП¹ на Северном Кавказе вплотную занялись проблемой использования газов. При этом к использованию намечены природные газы, т. е. нефтяные газы, сопутствующие выходу нефти на нефтепромыслах Сев. Кавказа (Грознефть, Майнефть и проч.), и непосредственно выходящие из недр земли в ряде районов Сев. Кавказа естественные газы (например, Дагестанские огни и др.).

При разрешении этой задачи был отброшен способ транспортирования газов в газообразном состоянии под весьма большим давлением, и в основу положен транспорт газа в жидком состоянии. В настоящее время решение выдвинутой задачи идет как по линии лабораторных испытаний, так и по линии производства, и благодаря горячей поддержке краевых организаций научно-исследовательские работы уже имеют под собою вполне прочную материальную базу.

Для более успешного и быстрого решения с наименьшими материальными затратами поставленной задачи необходимо вокруг этого вопроса мобилизовать научную и производственную мысль.

Для этой цели мы вкратце осветим следующие вопросы:

- 1) Газовые ресурсы Сев.-Кавк. края,
- 2) газ как топливо и
- 3) транспорт газа.

Газовые ресурсы

По старым освоенным промыслам Сев.-Кавк. края (Грознефть, Майнефть) выход газа в 1933 г. выразится в 490 тыс. т или при переводе на бензин около 400 тыс. т. К газовым месторождениям, которые обследованы и по своим запасам могут считаться промышленными, относятся Малгобек с предварительно определенным запасом газов в 1 млн. т, Датых—в 2760 тыс. и Дагестан в 3500 тыс. т, что при пересчете на бензин эквивалентно около 7 млн. т бензина. Помимо этих нефтеносных районов, где газ является спутником нефти, имеются чисто газовые месторождения, пока еще мало обследованные, например Дагестанский, Ингушский, Чеченский, Ставропольский, Сочинский, Таманский, Ейский районы и т. п.

Таким образом, Сев. Кавказ, как и ряд других областей СССР, имеет колоссальные запасы местных видов топлива в виде природных газов.

Однако эти весьма ценные, как увидим ниже, топлива или используются варварски (сжигаются в топках паровых котлов, при этом далеко не рационально) или же не используются вовсе, а просто выпускаются в воздух. Такое положение наблюдается не только на Сев. Кавказе. Так, по данным нефтяного сектора Главтопа, только в одном 1932 г. по Союзу выпущено в воздух около 500 млн. куб. м газа или при пересчете на бензин безвозвратно улетело примерно 400 тыс. т бензина, что составляет при цене бензина 250 руб. за т 100 млн. рублей.

Газ как топливо

Подходя к газу как к топливу для авто-тракторного двигателя, т. е. двигателя не стационарного, а транспортного, где вопрос транспорта газообразного топлива на самом автомобиле и тракторе представляет одну из серьезнейших частей общей задачи, было решено в первую очередь взять газ не в том составе, в котором он выходит из недр земли, а только те его компоненты, транспорт которых разрешается наиболее просто. В данном случае из всего состава газа как топлива для авто-тракторного двигателя взяты пропан (C_3H_8) и бутан (C_4H_{10}).

Из этих газов после извлечения газаolina фракционировкой при невысоких давлениях можно выделить около 40% пропана и бутана, которые и предложено использовать в качестве топлива для двигателей. (В г. Грозном уже имеется завод, который в настоящее время находится в процессе ввода в эксплоа-

тацию, для получения жидких пропана и бутана.) Остаток газа—в основном метан—может быть использован как топливо для внутреннего обслуживания промыслов (паровые котлы и проч.) и прилегающих городов.

Однако с общегосударственной точки зрения метан, бесспорно, целесообразнее направить в качестве сырья для химической промышленности. Из метана может быть получен ацетилен, который представляет собой ценное сырье для производства синтетического каучука, различных спиртов, кислот растворителей.

Из ряда анализов грозненских и майкопских газов установлен следующий их средний состав:

Таблица 1

Наименование углеводородов	В весовых процентах		
	Ново-Грозненские от—до	Старо-Грозненские от—до	Майкопские от—до
Метан	18—20	20—45	35—60
Этан	6—8	6—8	1—25
Пропан	18—20	12—23	6—40
Бутан	25—27	13—25	5—18
Пентанов и высших	24—32	14—20	11—18

Характерные данные о пропане и бутане приведены в следующей таблице:

Таблица 2

Г а з ы	Молекулярный вес	Удельный вес газов (воздух=1)	Удельный вес жидкости (вода=1)	Теплотворная способность низшая кал./м ³	Теплотворная способность низшая кал./кг	Скрытая теплота испарения	Теоретическое количество воздуха для сжиг. газов
Пропан	44	1,523	0,536	10 950	11 050	—	23,8
Бутан	58	2,007	0,600	25 900	10 900	109,5	31,0

При использовании искусственных газов вместо бензина и керосина, таких, как например газогенераторный газ, теплотворная способность которого крайне низка, имеет место сильное падение мощности бензинового и керосинового двигателя и еще большее падение грузоподъемности автомобиля и трактора. Так, проф. Гиттис оценивает потерю мощности двигателем при переходе на газ с керосина в 25—30% и при переходе с бензина в 40—45%. Падение грузоподъемности, например 1,5-т автомашины доходит до 80%. Поэтому в таком случае необходимо прибегать к искусственным мерам для поддержания мощности двигателя на прежнем уровне или путем увеличения размеров цилиндров, что требует существенной переделки двигателя и он уж не сможет быть переведен обратно на бензин и керосин или же должен быть устроен наддув (изменение степени сжатия дает частичный эффект).

Перевод же двигателя с бензина и керосина на пропан и бутан совершенно не повлечет за собой падения мощности. Наоборот, есть основание ожидать незначительного повышения мощности при переводе с бензина и значительного повышения до 10%, при переходе с керосина вследствие того, что с одной стороны теплосодержание рабочей смеси на пропане и бутане равно бензиновой и выше керосиновой. Действительно, из выражения

$$h = \frac{H}{1 + aL},$$

где:

h —теплосодержание рабочей смеси,

H —теплотворная способность топлива,

a —коэффициент избытка воздуха,

L —теоретически необходимое для сгорания количество воздуха

следует:

для пропана

$$\frac{10950}{1 + 23,8} = 805 \text{ кал./м}^3,$$

для бутана

$$\frac{25900}{1 + 31} = 810 \text{ кал./м}^3,$$

¹ Инициатор инж. Э. Я. Кузнецов.

для бензина

$$\frac{10\,200}{0 + 12,4} = 807 \text{ кал/м}^3,$$

для керосина

$$\frac{10\,000}{0 + 1,2 \cdot 11,4} = 731 \text{ кал/м}^3,$$

где для пропана, бутана и бензина $\alpha=1$, а для керосина $\alpha=1,2$. С другой стороны мощность повысится в связи с возможным значительным повышением степени сжатия.

Повышение степени сжатия, не говоря уже об идеальном перемешивании газа с воздухом и приготовлении однородной рабочей смеси, повысит термический коэффициент полезного действия и уменьшит удельный расход топлива.

При этом при переходе с бензина (автомобиль) и керосина (трактор) на пропан и бутан двигатель не должен подвергаться никаким конструктивным изменениям, за исключением замены карбюратора смесителем газа с воздухом и установки редуктора для понижения давления газа, а также увеличения степени сжатия.

Транспорт газа

В начале статьи указано, что газ предположено транспортировать не в газообразном, а в жидком состоянии. В этом случае получается значительное сокращение объема, а следовательно, и веса тары при одном и том же запасе топлива.

Автомобиль и трактор смогут возить на себе запас топлива на достаточно длительный период работы.

Превращение газообразных пропана и бутана в жидкое состояние, как видно из таблицы 3, при нормальной температуре требует весьма небольших давлений.

Таблица 3

Газы	Давление в атмосферах требуемое для перевода из газообразного в жидкое состояние при температуре в °C					
	10°	15,5°	21°	21,7°	32°	50°
Пропан	7,5	8,1	9,1	10,3	11,5	16,8
Бутан	1,7	2,1	2,6	3,1	3,7	3,9

Таким образом пропан может транспортироваться в жидком состоянии максимум при 17 атм. и бутан при 4 атм. Изготовление и эксплуатация тары при таких давлениях не встретит затруднений.

Для уяснения работы автомобиля и тракторов на газовом топливе в обычных эксплуатационных условиях сделаем два подсчета, один для автомобиля АМО-3, другой для трактора СТЗ.

При этом в обоих случаях принимаем емкость тары одного баллона в 80 л. Вес такого баллона по предварительным подсчетам вылился в 40—45 кг. В одном баллоне, емкостью в 80 л, поместится живого газа при удельном весе—0,586 (считая для простоты уд. веса бутана и пропана средним из их уд. весов)

$$80 \times 0,568 = 45,5 \text{ кг}$$

и, наконец, теплотворные способности бутана и пропана будем считать одинаковыми и равными 11 000 кал/кг.

Автомобиль АМО-3. Принимая пробег автомобиля за 20 часов и при 250 км, расход бензина 30 кг на 100 км пробега, находим количество километров, которые автомобиль пройдет на одном баллоне, равным:

$$100 \frac{45,5}{30} \times \frac{11\,000}{10\,200} = 163 \text{ км},$$

где 11 000—теплотворная способность газа, а 10 200—теплотворная способность бензина.

Отсюда видно, что на одном баллоне автомобиль сможет работать в течение:

$$20 \times \frac{163}{250} = 13 \text{ часов}$$

Следовательно, на одну смену работы, считая продолжительность смены—10 часов, вполне достаточно одного баллона в 80 л, при этом емкость баллона может быть снижена до 60 л.

Таким образом шофер заправляет машину так же, как она заправляется бензином, т. е. один раз в течение смены. Смена баллона займет самое большее 5 минут. При этом разница в весе баллона и бензобака настолько незначительна, что она никак практически не отразится на грузоподъемности машины.

Трактор СТЗ. Кладем в основу расчета установленную норму по пахоте для трактора СТЗ-15/30 0,3 га в час, расход работы на вспашку одного га—50 силочасов и расход керосина на силочас—410 грамм, находим количество га, которое трактор сможет обработать с запасом газа в 80-литровом баллоне.

$$\frac{45,5}{0,41 \times 50} \times \frac{11\,000}{10\,000} = 2,4 \text{ га}.$$

Отсюда определяем продолжительность работы на одном баллоне:

$$\frac{2,4}{0,3} = 8 \text{ час}.$$

Для того, чтобы трактор смог проработать без дополнительной заправки топливом в течение всей 10-часовой смены, необходимо увеличить емкость баллона на 20% или лучше установить два баллона по 50 л каждый. Вес обоих баллонов будет около 60—70 кг.

Выше шла речь только о таре в виде баллонов. Однако баллоны—это только один из видов тары для транспортировки газа непосредственно на автомобиле и тракторе и хранения небольших количеств жидкого газа. Транспортировка же газа по железным дорогам и от железных дорог до потребителя предполагается в специальных железнодорожных и авто-тракторных цистернах.

В настоящее время уже приступлено к проектированию этих цистерн и, имея в виду и теоретически и практически разрешенную задачу по транспортировке в железнодорожных и автомобильных цистернах жидкого кислорода под давлением, значительно большим давления жидких пропана и бутана,—есть все основания полагать, что на этом участке работы непреодолимых препятствий не встретится.

Гор. Ростов-на-Дону.

ОТ РЕДАКЦИИ.

Использование автотранспортом газового топлива расширяет топливную базу страны и имеет огромное значение для всего народного хозяйства, освобождая одновременно транспорт от перевозок миллионов тонн горючего.

Достигнутые за последнее время успехи по применению природного газа в автомобильном двигателе позволяют говорить вполне конкретно о газификации некоторой части авто-тракторного парка нашего Союза.

В дни Октябрьских торжеств мы имели возможность наблюдать, как наши горьковские грузовые машины работали на природном газе, совершив пробег от Ростова-на-Дону до Москвы в колонне вместе с бензиновыми автомобилями.

Как отмечает технический руководитель колонны и автор газового автомобиля проф. Петровский Н. В., машины на газе не задерживали колонны в пути, в то время как бензиновые машины были несколько раз причиной остановок вследствие неисправности топливоподающей системы.

Двигатель при переходе на газ не требует изменений в своей конструкции, и дело ограничивается постановкой смесителя газа с воздухом, газового баллона, подогревателя и расширительного сосуда.

По подведении окончательных итогов пробега газовых машин эти итоги будут освещены на страницах журнала. Редакция в свою очередь обращается с просьбой к работникам в области применения газового топлива на автотранспорте поделиться своими соображениями на страницах журнала.

XVI съезд партии дал директиву—широко использовать все виды местного топлива.

Научные и производственные работники автопредприятий, организуйте производственный поход имени XVII съезда за быстрое внедрение природных газов на автотранспорте!