

5 6 5 8

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР
МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ИНСТИТУТ
имени В. М. МОЛОТОВА

Др $\frac{26}{13}$

На правах рукописи

Инженер ВЕЛИЧКИН И. Н.

**ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ
РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА
ГАЗОГЕНЕРАТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ Г-58**

АВТОРЕФЕРАТ
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

*Научный руководитель
кандидат технических наук
доцент
АРТАМОНОВ М. Д.*

МОСКВА — 1955

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР
МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ИНСТИТУТ
имени В. М. МОЛОТОВА

На правах рукописи

Инженер. ВЕЛИЧКИН И. Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ
РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА
ГАЗОГЕНЕРАТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ Г-58

АВТОРЕФЕРАТ
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Научный руководитель
кандидат технических наук
доцент
АРТАМОНОВ М. Д.

МОСКВА — 1955

Экспериментальная часть работы выполнялась в лаборатории газовых двигателей Государственного Союзного Научно-Исследовательского Тракторного Института «НАТИ».



55-11662

І. ВВЕДЕНИЕ

Советский Союз располагает огромными запасами всевозможных топлив, в том числе и местных. Одним из способов рационального использования местных твердых топлив является применение их в газогенераторных тракторах, автомобилях, тепловозах и стационарных силовых установках. Однако эксплуатационные показатели газогенераторных силовых агрегатов несколько отстают от показателей жидкотопливных двигателей. Это мешает, в некоторой степени, широкому распространению газогенераторных машин. Для обеспечения более широкого применения газогенераторных силовых агрегатов в народном хозяйстве Советского Союза необходимо так улучшить их конструкцию, чтобы они по эксплуатационным показателям были не хуже жидкотопливных. В частности, мощность и экономичность газогенераторных двигателей необходимо поднять до соответствующих показателей жидкотопливных двигателей.

Осуществление таких задач невозможно без проведения научно-исследовательских работ, направленных на выявление особенностей генераторного газа, как моторного топлива, и на рациональное использование этих особенностей для совершенствования газогенераторных двигателей.

Как известно, генераторный газ обладает двумя основными качествами: малой теплотворностью единицы объема и малым количеством воздуха, теоретически необходимого для сгорания единицы объема газа — V_0 . Влияние малой теплотворности газа на рабочий процесс газогенераторных двигателей более или менее выяснено, влияние же малого значения V_0 , а следовательно и малого объемного коэффициента смещения φ_0 , на рабочий процесс газогенераторных двигателей почти не исследовалось, в то же время можно предполагать наличие такого влияния.

Это влияние должно иметь место, во-первых, в связи с тем, что у генераторного газа соотношение объемов топлива и воздуха в смеси резко отличается от аналогичных соотношений у жидких топлив. Например, пары бензина при $\alpha = 1,0$ занимают около 1,5% общего объема горючей смеси, т. к. для сгорания единицы объема паров бензина теоретически необходимо 59 единиц объема воздуха ($V_0 = 59$), в то время как генераторный газ, при том же коэффициенте избытка воздуха, занимает 50% объема горючей смеси ($V_0 = 1,0$).

Во-вторых, при изменении коэффициента избытка воздуха у газогенераторных двигателей происходит значительно меньшее изменение количества топлива в смеси, чем у жидкотопливных двигателей. У таких топлив, как бензин, керосин и др., характеризующихся большими значениями V_0 , пары топлива занимают очень малый объем горючей смеси, поэтому даже при значительном изменении количества топлива в смеси объем воздуха почти не меняется. Это приводит к тому, что изменения α происходят почти целиком за счет изменения объема топлива. Например, для увеличения α в два раза, от $\alpha = 0,6$ до $\alpha = 1,2$, в бензовоздушной смеси необходимо относительный объем топлива уменьшить тоже почти в два раза, потому что объем воздуха при этом увеличится всего на 1%.

У генераторного газа относительные объемы газа и воздуха в горючей смеси примерно равны. При изменении коэффициента избытка воздуха от $\alpha = 0,6$ до $\alpha = 1,2$ относительный объем топлива уменьшается всего на 34%. На столько же увеличивается и относительный объем воздуха.

Такое малое изменение количества топлива в смеси при изменении α у генераторного газа и иные соотношения объемов топлива и воздуха по сравнению с жидкотопливными двигателями не могут не отразиться на параметрах рабочего процесса газогенераторных двигателей.

В связи с этим было решено провести исследование влияния малого объемного коэффициента смешения на параметры рабочего процесса газогенераторного двигателя Г-58 и выяснить возможности использования этих особенностей для дальнейшего совершенствования двигателя. Это исследование и является темой данной работы.

Перед проведением экспериментальных исследований был проведен теоретический анализ влияния малого объемного коэффициента смешения на параметры рабочего процесса газогенераторного двигателя Г-58. Результаты этого анализа в автореферате изложены вместе с результатами экспериментов.

II. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Особенности методики испытаний газогенераторных двигателей, к сожалению, еще полностью не изучены, и поэтому перед проведением экспериментальной части работы необходимо было решить такие методические вопросы, как обеспечение возможно меньшего изменения качества газа во время испытаний и выбор методов замера расхода и влажности генераторного газа.

На основании опыта работы НАТИ, а также ряда других организаций и экспериментаторов, сформулированы следующие общие положения, которые необходимо соблюдать для улучшения постоянства генераторного газа в период испытаний двигателей.

Необходимо следить не только за тем, чтобы характеристики твердых топлив, применяющихся при испытаниях, соответствовали стандартам или техническим условиям, но, кроме того, испытания

желательно проводить на топливах, мало изменяющих свои качества при хранении; принимать особые меры для поддержания качеств твердых топлив неизменными во время хранения (не допускать увлажнения, подсушки, загрязнения, измельчения и т. п.); основные испытания проводить на топливе одной партии. Размеры кусков твердых топлив должны выдерживаться в пределах, указанных ГОСТами и техническими условиями.

Для приближения испытаний двигателей к транспортным условиям их работы рекомендуется производить периодические встряхивания газогенераторов путем установки их на специальные встряхивающие стенды.

Перед проведением испытаний двигателя необходимо хорошо ознакомиться с работой газогенераторной установки, на которой будут производиться испытания. В частности, необходимо выяснить: время, в течение которого происходит полный розжиг и достигается нормальный тепловой режим установки; время, в течение которого устанавливается новый режим процесса газификации в газогенераторе при изменении скоростного или нагрузочного режима работы двигателя; характер изменения состава и теплотворности газа в течение одного выжига топлива в бункере газогенератора; как изменяется процесс газификации по времени работы газогенератора без его очистки от золы и шлака; как влияют на процесс газификации те или иные особенности газогенератора (присадка пара, подогрев поступающего воздуха, качение колосниковой решетки и др.). Знание указанных особенностей работы газогенератора на том виде твердого топлива, на котором предполагается проводить испытания, позволит выработать мероприятия, обеспечивающие более или менее постоянный состав газа.

Для обеспечения стабильного состава газа при данных исследованиях двигателя Г-58 были проведены испытания двух газогенераторных установок на трех видах топлива по указанной выше программе. Эти испытания дали возможность установить следующие положения.

Испытания двигателя Г-58 должны проводиться на газе, вырабатываемом в газогенераторе ГТ из древесного угля с присадкой воды, так как в этом случае колебания теплотворности газа и мощности двигателя в течение выжига топлива в бункере газогенератора имеют минимальные значения ($\pm 1,0\%$ от средней величины).

Момент начала испытаний должен определяться по окончании прогрева двигателя, в связи с тем, что процесс газификации в газогенераторе ГТ устанавливается быстрее, чем прогревается двигатель Г-58.

После догрузки топлива в газогенератор и после изменения скоростного или нагрузочного режима работы двигателя замеры могут производиться не ранее, чем через 10 минут.

Подача воды в газогенератор при испытаниях может колебаться в пределах от 6 до 7 л/час.

Чистка газогенератора должна производиться не реже, чем через 20 часов работы двигателя.

Общепринятой методики определения расхода генераторного газа и влажности его пока не выработано. Некоторые авторы рекомендуют учитывать влажность газа по температуре его перед смесителем, часть экспериментаторов влажность газа не учитывает вообще.

Анализ возможных влагосодержаний газа, поступающего в смеситель, а также специально проведенные испытания дали возможность установить следующее.

При испытаниях двигателей на древесных чурках и других топливах, дающих относительно влажный газ, пренебрежение влажностью газа, поступающего в смеситель, ведет к значительным ошибкам в определении показателей работы двигателя (на 12—15%). При определении влажности газа по температуре его перед смесителем ошибки в определении показателей работы двигателя получаются незначительные (2—4%). При проведении испытаний, в результате которых не требуется получения особо точных показателей работы двигателя, можно подсчитывать влажность газа по его температуре перед смесителем.

В случае испытания двигателя на древесном угле и других топливах, дающих относительно сухой газ, пренебрежение влажностью газа или определение ее по температуре газа перед смесителем ведет к значительным ошибкам в определении показателей работы двигателя (на 7—10% в обоих случаях); поэтому необходимо производить замер влажности газа, поступающего в смеситель.

Так как все основные испытания в данной работе проводились на древесном угле, то замер влажности газа производился постоянно.

Замер расхода генераторного газа осложняется тем, что газ содержит пары воды и пыль, которая отлагается на приборах, устанавливаемых в газопроводах, и искажает их показания.

Большинство экспериментаторов производит замер расхода газа при помощи дроссельных приборов, причем устанавливаются они разными экспериментаторами на различных участках газопровода. Применяются также два метода косвенного замера расхода газа. По первому из них расход газа определяется по количеству воздуха, засасываемого в смеситель, и по коэффициенту избытка воздуха, определяемому по химическим анализам генераторного и отработавшего газов. Второй метод основан на определении расхода воздуха, поступающего в газогенератор, и на соотношении объемных содержаний азота в генераторном газе и в воздухе.

Для выяснения возможной точности определения расхода генераторного газа и целесообразности применения того или иного метода были проведены соответствующий анализ и специально поставленные эксперименты. Это дало возможность выяснить следующее.

Установка дроссельных приборов перед смесителем или между смесителем и впускным коллектором не может быть признана целе-

сообразной, так как в этих случаях через дроссельный прибор будет проходить пульсирующий поток газа. Так же нецелесообразна установка дроссельных приборов на участке трубопровода между охладителем и фильтром тонкой очистки газа при работе на топливах, дающих относительно влажный газ. В этом случае через дроссельный прибор будет проходить газ, содержащий влагу в туманообразном состоянии.

Дроссельные приборы могут быть установлены или между фильтром грубой очистки газа и охладителем (для всех видов топлив), или между охладителем и фильтром тонкой очистки газа (для топлив, дающих относительно сухой газ). При этом необходимо иметь в виду, что газ на этих участках газопровода хотя и не насыщен парами воды, но содержит большое количество их, до 10—25% объема. Кроме того, дроссельные приборы, устанавливаемые в газопроводах, быстро загрязняются, что ведет к изменению их коэффициентов расхода. Через 6—9 часов работы газогенераторной установки коэффициенты расхода изменяются на 5—6% и более, при этом у диафрагм они увеличиваются, а у сопел уменьшаются. Расчеты показали, что если производить замер расхода газа дроссельными приборами без применения специальных приспособлений для устранения систематических ошибок, то в определении расхода сухого генераторного газа возможны ошибки, достигающие 18—34%.

Для устранения систематических ошибок дроссельный прибор необходимо установить на параллельном трубопроводе с кранами для отключения и чистки дроссельного прибора во время работы установки. Кроме того, необходимо производить замер влажности генераторного газа в месте установки дроссельного прибора. В этом случае возможные ошибки в определении расхода сухого генераторного газа уменьшаются до 4—5%, однако производить такие замеры довольно сложно.

Определение расхода сухого газа по количеству воздуха, поступающего в смеситель, и по коэффициенту избытка воздуха, вычисляемому по данным химических анализов генераторного и отработавшего газов, является наиболее простым, но точность таких замеров не может быть признана удовлетворительной: ошибки могут достигать 9—11%.

Точность определения расхода газа по второму косвенному методу значительно выше — ошибки возможны в пределах 4—5%. Организовать замеры по этому методу менее сложно, так как необходимо определять расход относительно чистого воздуха, поступающего в газогенератор, а не газа. Кроме того, дроссельный прибор устанавливается вне системы агрегатов газогенераторной установки, поэтому его осмотр и очистка, если в этом есть необходимость, могут быть проведены в любой момент испытаний. Недостатком указанного метода является необходимость химических анализов генераторного газа, но без этого вообще невозможно испытывать двигатели, топливом для которых является генераторный газ.

На основании изложенного анализа, замер расхода сухого генераторного газа при проведении всех последующих испытаний производился по количеству воздуха, поступающего в газогенератор, и по химическому составу газа.

III. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Теоретические и экспериментальные исследования показали, что резко отличающиеся значения V_0 и объемного коэффициента смешения — φ_0 у газогенераторных двигателей, по сравнению с жидкотопливными двигателями, сказываются на целом ряде параметров, характеризующих все процессы рабочего цикла. Сказываются они также и на зависимости индикаторного к.п.д. и среднего индикаторного давления от состава смеси.

У бензиновых двигателей при увеличении α коэффициент наполнения, как известно, почти не изменяется. У газогенераторных двигателей гидравлическое сопротивление при впуске смеси создает газогенераторная установка. При обеднении смеси расход газа уменьшается, соответственно этому уменьшается и гидравлическое сопротивление, а коэффициент наполнения увеличивается. Для подсчета значений коэффициента наполнения в зависимости от α предложены экспериментально-аналитические формулы. Опыты на двигателе Г-58 подтвердили правильность указанных формул. При увеличении коэффициента избытка воздуха от $\alpha = 0,6$ до $\alpha = 1,9$ значение η_H у двигателей Г-58 возрастает на 11,6%.

С увеличением коэффициента наполнения двигателя при обеднении смеси соответственно возрастают значения p_a и p_c .

Изменение состава смеси у всех двигателей с внешним смесеобразованием влияет на сгорание рабочей смеси, так как от коэффициента избытка воздуха зависят в той или иной степени и скорость тепловыделения, и стабильность сгорания от цикла к циклу, и полнота тепловыделения.

Обработка индикаторных диаграмм, снятых при различных коэффициентах избытка воздуха, показала, что так называемый период видимого сгорания в газогенераторном двигателе Г-58 зависит от α незначительно. При увеличении α от 0,6 до 1,6 величина периода видимого сгорания изменяется всего на 5° (от 35° до 40° поворота коленчатого вала). Дальнейшее увеличение α до 2,0 приводит к возрастанию периода видимого сгорания еще на 5° п.к.в. Причины такой малой зависимости $\varphi_{\text{вид}}$ от α заключаются, видимо, в следующем. Турбулентность смеси, которая определяет, главным образом, скорость тепловыделения, при разных α остается, примерно, постоянной. Фундаментальная скорость сгорания, которая также влияет на скорость тепловыделения, у смеси генераторного газа с воздухом изменяется по α крайне незначительно.

Нестабильность процессов сгорания от цикла к циклу наблюдается у карбюраторных двигателей при всех значениях α . Особенно заметной она становится при больших значениях α ($\alpha > 1,1$),

когда состав смеси, расположенной около электрической искры, получается, повидимому, различным для отдельных циклов. При работе на крайне бедных смесях ($\alpha > 1,2$), наряду с хорошим протеканием сгорания, имеются циклы с запаздывающим сгоранием и малым повышением давления и даже циклы без воспламенения.

Обработка опубликованных в литературе данных показывает, что при $\alpha = 0,85$ у карбюраторных двигателей коэффициент нестabilityности $\delta \approx 1,0\%$, при $\alpha = 1,1$ — $\delta \approx 5,0\%$, а при обеднении смеси до $\alpha = 1,2$ — $\delta \approx 10\%$.

Испытания газогенераторного двигателя Г-58 показали, что его работа характеризуется большой нестабильностью процесса сгорания: $\delta = 5 - 9\%$ при среднем значении $\delta = 7\%$. Но такая нестабильность процессов сгорания остается постоянной при коэффициентах избытка воздуха от $\alpha = 0,6$ до $\alpha = 2,0$, на которых велись испытания. Следовательно, стабильность процессов сгорания от цикла к циклу в двигателе Г-58 остается примерно постоянной при значительном изменении состава смеси. Это объясняется, видимо, тем, что создание достаточно равномерной горючей смеси в этом двигателе достигается сравнительно легко, благодаря малому коэффициенту смешения, газообразному состоянию топлива и благодаря широким пределам горючести смеси генераторного газа с воздухом.

Неполное сгорание топлива в двигателях имеет место как из-за теоретического недостатка воздуха в смеси при $\alpha < 1$, так и вследствие несовершенства процессов смешения и сгорания.

Полученные во время экспериментов данные об изменении химического состава продуктов сгорания газогенераторного двигателя Г-58 дали возможность выяснить изменение теоретического коэффициента выделения тепла, а также подсчитать значения действительного коэффициента полноты тепловыделения.

Изменение значений теоретического коэффициента выделения тепла в зависимости от α может быть выражено следующей эмпирической формулой:

$$\xi_t = 1,1 \alpha - 0,1 \quad (1)$$

Сравнение значений ξ_t у карбюраторных двигателей и у газогенераторного двигателя Г-58 показывает, что при данном α ($\alpha < 1,0$) в двигателе Г-58 выделяется относительно большая доля тепла, чем у бензиновых двигателей. Это объясняется тем, что при коэффициентах избытка воздуха, изменяющихся от $\alpha = 1,0$ до $\alpha = 0,5$ в продуктах сгорания бензина содержится большое количество окиси углерода, а при сгорании углерода топлива в СО выделяется, примерно, в 2,5 раза меньше тепла, чем при сгорании окиси углерода в CO_2 .

Наибольшая действительная полнота тепловыделения у газогенераторного двигателя Г-58 наблюдается при $\alpha = 1,1$. По мере обеднения смеси действительная полнота тепловыделения уменьшается. При $\alpha = 1,0$ наблюдается повышенная неполнота сгорания. Обо-

гащение смеси приводит к некоторому уменьшению действительной полноты сгорания по сравнению с теоретической. Причиной недогорания смеси при значительном обогащении и большом обеднении ее является, видимо, незначительная фундаментальная скорость сгорания богатых и бедных смесей генераторного газа с воздухом.

Зависимость индикаторного к.п.д. двигателя Г-58 от состава смеси несколько отличается от обычного вида, характерного для карбюраторных двигателей.

Как известно, у карбюраторных двигателей при обеднении смеси значения индикаторного к.п.д. вначале увеличиваются, при $\alpha = 1,1$ — достигают максимума, а затем падают. В отличие от этого, зависимость $\eta_i = f(\alpha)$ у двигателя Г-58 не имеет четко выраженного максимума. При обеднении горючей смеси до $\alpha = 1,1$ происходит быстрое увеличение значений индикаторного к.п.д. Менее интенсивное увеличение значений η_i продолжается до $\alpha = 1,5$. При дальнейшем обеднении смеси до $\alpha = 2,0$ значения индикаторного к.п.д. остаются почти без изменения.

Основной причиной, вызывающей у карбюраторных двигателей прекращение увеличения индикаторного к.п.д., а затем и резкое уменьшение этих значений, является ухудшение стабильности процессов сгорания при обеднении смеси. Сохранение более или менее постоянной стабильности процессов сгорания в газогенераторных двигателях Г-58 при широком изменении коэффициента избытка воздуха исключает уменьшение значений индикаторного к.п.д. при обеднении смеси. Это и является, видимо, основной причиной несколько необычного вида зависимости $\eta_i = f(\alpha)$ у двигателя Г-58.

Аналогично изменяется у двигателя Г-58 и зависимость $\eta_e = f(\alpha)$. Только увеличение эффективного к.п.д. продолжается до $\alpha = 1,3$, после чего начинается некоторое уменьшение его значений.

Исследование зависимости среднего индикаторного давления — p_i от коэффициента избытка воздуха у газогенераторных двигателей представляет особый интерес. В литературе указывается, что максимальная мощность у этих двигателей достигается при коэффициентах избытка воздуха $\alpha > 1$. В то же время известно, что у карбюраторных двигателей при уменьшении коэффициента избытка воздуха от $\alpha = 1,1$ до $\alpha = 0,85$ мощность двигателя возрастает на 10—20%. Опираясь на этот фактический материал и проводя аналогию между карбюраторными и газогенераторными двигателями, неоднократно высказывались соображения о возможности увеличения мощности последних путем уменьшения коэффициента избытка воздуха, соответствующего максимальной мощности, до $\alpha < 1$. Вместе с тем до сих пор не было сделано попыток выяснить, возможно ли вообще уменьшение коэффициента избытка воздуха, соответствующего максимальной мощности у газогенераторных двигателей.

Зависимость среднего индикаторного давления от определяющих параметров для газовых и жидкотопливных двигателей с внешним смесеобразованием выражается следующей формулой:

$$p_i = 0,503 \cdot \frac{P_0}{T_0} \cdot H_u \cdot \frac{\eta_i}{1 + \alpha V_0} \cdot \eta_H \quad (2)$$

где H_u — теплотворность топлива в ккал/кгмоль.

Переменная часть этого выражения после преобразований принимает такой вид:

$$H_u \cdot \frac{\eta_i}{1 + \alpha V_0} \cdot \eta_H = \frac{Q_0 \cdot \eta_i}{V_H} = q_v \quad (3)$$

Как видно из этой формулы, величина q_v характеризует количество тепла, превращенного в индикаторную работу в единице рабочего объема цилиндров двигателя. Величина q_v является как бы удельным теплоиспользованием единицы рабочего объема цилиндров двигателя. Так как величина q_v является переменной составляющей среднего индикаторного давления, то отличается от него только по размерности и по численным значениям, характер же изменения этих величин по α одинаковый.

Как известно, характер зависимости $p_i = f(\alpha)$, а следовательно, и зависимость $q_v = f(\alpha)$, в основном определяется изменением величины $\frac{\eta_i}{1 + \alpha V_0}$ по коэффициенту избытка воздуха. Остальные переменные H_u и η_H для постоянных чисел оборотов и полного открытия дроссельной заслонки изменяются по α незначительно. Поэтому на первом этапе исследования зависимости среднего индикаторного давления от коэффициента избытка воздуха сделаем допущение, что H_u и η_H являются постоянными величинами. Тогда зависимость (3) может быть записана так:

$$q'_v = \frac{\eta_i}{1 + \alpha V_0} \quad (4)$$

Величину q'_v можно считать условным коэффициентом теплоиспользования единицы рабочего объема цилиндров двигателя.

Выражение (4) легко преобразуется в следующее:

$$q'_v = \eta_i \cdot \frac{V_T}{V_{cm}} \quad (5)$$

Для упрощения и большей наглядности последующего анализа сделаем еще одно допущение. Примем, что зависимость $\eta_i = f(\alpha)$ для двигателей, работающих на всех видах топлив, протекает одинаково, так, как она протекает у карбюраторных бензиновых двигателей. При таком допущении графики $q'_v = f(\alpha)$ для разных топлив

будут отличаться друг от друга только в том случае, если зависимости $\frac{V_T}{V_{см}} = f(\alpha)$ у этих топлив будут различные. Но генераторный

газ как раз и отличается от других газовых и от жидких топлив тем, что у него эта зависимость протекает по-другому, как об этом уже было указано во введении данного автореферата.

Подсчеты значений $q'_v = f(\alpha)$ для топлив, у которых $V_0 = 50, 10, 5$ и $1 \frac{\text{кг моль возд.}}{\text{кг моль топл.}}$ показывают, что максимальные значения величины q'_v достигаются:

для топлива с $V_0 = 50$ при $\alpha = 0,875$

для топлива с $V_0 = 10$ при $\alpha = 0,900$

для топлива с $V_0 = 5$ при $\alpha = 0,930$

для топлива с $V_0 = 1$ при $\alpha = 1,020$

Для выяснения причин такого различия рассмотрим взаимодействие величин η_i и $\frac{V_T}{V_{см}}$ для разных топлив при обогащении смеси

от $\alpha = 1,1$. Индикаторный к.п.д. в начале обогащения медленно, а затем более резко уменьшается. Этому уменьшению η_i противопоставляется разное увеличение количества топлива в горючей смеси.

Чем меньше нарастание величины $\frac{V_T}{V_{см}}$, тем раньше (т. е. при больших значениях α) прекратится увеличение условного коэффициента теплоиспользования рабочего объема q'_v и начнется его уменьшение. Так протекают кривые q_v у газогенераторных двигателей.

Чем большее нарастание величины $\frac{V_T}{V_{см}}$ требуется для достижения того или иного значения α , тем позже (т. е. при меньших значениях α) произойдет перегиб кривых q'_v . Так протекают эти кривые у жидкотопливных двигателей.

Таким образом, проведенный анализ показал, что различные изменения количества топлива в смеси, при одинаковом изменении α у разных топлив, должны оказывать большое влияние на зависимость $q'_v = f(\alpha)$, а, следовательно, и $p_i = f(\alpha)$.

Как показали испытания, максимальное значение среднего индикаторного давления у двигателя Г-58 достигается при $\alpha \approx 1,1$. Для решения вопроса о том, каковы дополнительные причины такого смещения значений p_i , необходимо было учесть действительные изменения зависимостей $\eta_i = f_1(\alpha)$, $\eta_H = f_2(\alpha)$ и $H_u = f_3(\alpha)$ для этого двигателя. Характер зависимостей $\eta_i = f_1(\alpha)$ и $\eta_H = f_2(\alpha)$ двигателя Г-58 был уже указан. Согласно проведенным испытаниям, теплотворность газа H_u изменялась по α незна-

чительно. При увеличении α от 0,6 до 1,9 H_u уменьшалось всего на 4,8%.

Расчеты показали, что переход к действительной зависимости $\eta_i = f(\alpha)$ двигателя Г-58 приводит к дополнительному смещению максимального значения графика $q'_v = f(\alpha)$ в сторону более бедных смесей (до $\alpha = 1,07$ вместо $\alpha = 1,02$). Влияние переменных значений H_u и η_H на графики q_v и p_i оказалось небольшим, так как увеличение коэффициента наполнения при обеднении смеси частично компенсируется уменьшением теплотворности генераторного газа. У двигателя Г-58 увеличение коэффициента наполнения η_H при обеднение смеси лишь незначительно смещает максимальное значение p_i в сторону больших значений α (до $\alpha \approx 1,1$).

IV. НЕКОТОРЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ, ОСНОВАННЫЕ НА ВЫЯВЛЕННЫХ ОСОБЕННОСТЯХ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ГАЗОГЕНЕРАТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ Г-58

Теоретические и экспериментальные материалы, полученные в данной работе, могут быть использованы для ряда практических рекомендаций.

Получивший широкое распространение метод сравнения мощностных показателей двигателей с принудительным воспламенением, работающих на разных топливах, при коэффициенте избытка воздуха $\alpha = 1,0$ принципиально неверен. При работе на разных видах топлива максимальные мощностные показатели двигателей достигаются при разных значениях α . Поэтому сравнение мощностных показателей должно производиться только при коэффициентах избытка воздуха, соответствующих $p_{i \max}$ для того рода топлива, на котором работает двигатель.

Предложения, высказываемые рядом экспериментаторов, о возможности увеличения мощности газогенераторных двигателей путем уменьшения коэффициента избытка воздуха, соответствующего оптимальному режиму работы этих двигателей, являются неверными, так как не учитывают особенностей генераторного газа. Проведение работ, направленных на увеличение мощности этих двигателей, указанным путем — нецелесообразно.

Пониженная стабильность процессов сгорания является одной из причин уменьшения мощности газогенераторного двигателя Г-58. Изучение причин пониженной стабильности представляет определенный интерес, так как улучшение стабильности процессов сгорания у газогенераторных двигателей может обеспечить увеличение мощности.

Увеличение индикаторного к.п.д. и общего коэффициента наполнения газогенераторных двигателей при значительном обеднении смеси создает особо благоприятные условия для применения качественно-количественного регулирования горючей смеси у этих дви-

гателей. Применение такого регулирования обеспечит улучшение экономичности газогенераторных двигателей на частичных нагрузках, в том числе и на нагрузках близких к полной.

V. ВЫВОДЫ

1. Одна из основных особенностей генераторного газа — малое значение объемного коэффициента смешения — оказывает значительное влияние на все процессы рабочего цикла газогенераторного двигателя Г-58 и на параметры, характеризующие рабочий цикл в целом.

2. Общий коэффициент наполнения газогенераторного двигателя Г-58 по мере обеднения горючей смеси заметно увеличивается вследствие уменьшения расхода генераторного газа. Для подсчета коэффициента наполнения и разрежения во впускном коллекторе газогенераторного двигателя предложены экспериментально-аналитические формулы. Увеличение общего коэффициента наполнения приводит к увеличению давления конца сжатия по мере обеднения горючей смеси.

3. Скорость тепловыделения в двигателе Г-58 при сгорании смеси генераторного газа с воздухом изменяется по α незначительно. Это объясняется малыми изменениями степени завихрения смеси в цилиндрах двигателя и фундаментальной скорости сгорания генераторного газа при изменении коэффициента избытка воздуха.

4. Наибольшая действительная полнота тепловыделения у газогенераторного двигателя Г-58 наблюдается при $\alpha = 1,1$. По мере обеднения горючей смеси действительная полнота тепловыделения уменьшается. При $\alpha = 1,0$ наблюдается повышенная неполнота сгорания. Обогащение смеси приводит к некоторому уменьшению действительной неполноты сгорания по сравнению с теоретической.

5. Процесс сгорания у газогенераторного двигателя Г-58 отличается относительно малой стабильностью, но при изменении коэффициента избытка воздуха в широких пределах (от $\alpha = 0,6$ до $\alpha = 2,0$) стабильность процесса сгорания остается примерно постоянной. Последняя особенность является, видимо, следствием малого объемного коэффициента смешения газогенераторного газа и воздуха, газообразного вида топлива и широких пределов горючести генераторного газа.

6. Вследствие малого изменения скорости тепловыделения и стабильности процессов сгорания зависимость индикаторного к.п.д. газогенераторных двигателей Г-58 от состава смеси имеет несколько необычный вид. Значения η_i увеличиваются до коэффициента избытка воздуха $\alpha = 1,5$. При дальнейшем обеднении смеси индикаторный к.п.д. двигателя уменьшается, но незначительно. Основной причиной такого характера зависимости $\eta_i = f(\alpha)$ у газогенераторного двигателя Г-58 является примерно постоянная стабильность процессов сгорания.

7. Максимальное значение среднего индикаторного давления у двигателей с принудительным зажиганием, при работе на разных топливах, достигается при разных значениях α . Это вполне закономерное явление. Оно зависит от того, какой объем занимает то или иное топливо в общем объеме горючей смеси. В термохимических расчетах это находит свое отражение в виде количества кгмолей воздуха, теоретически необходимых для сгорания одного кгмоля топлива — V_0 , или в виде объемного коэффициента смешения — φ_0 . Чем больше значение V_0 (φ_0) у того или иного топлива, тем при меньшем коэффициенте избытка воздуха среднее индикаторное давление достигает максимума. Так как для генераторного газа $V_0 \approx 1,0$, то у газогенераторных двигателей наибольшие значения среднего индикаторного давления достигаются, как правило, при $\alpha > 1$. Некоторое влияние на смещение максимальных значений p_i в сторону больших α у газогенераторного двигателя Г-58 оказывает особый вид зависимости $\eta_i = f(\alpha)$, а также увеличение общего коэффициента наполнения при обеднении горючей смеси. У двигателя Г-58 максимальные значения p_i достигаются при $\alpha \approx 1,1$.

8. На основании выявленных особенностей рабочего процесса двигателя Г-58 сделано несколько практических рекомендаций.

Уточнен метод сравнения мощностных показателей двигателей, работающих на разных видах жидких и газообразных топлив.

Показана несостоятельность попыток увеличить мощность газогенераторных двигателей путем уменьшения коэффициента избытка воздуха, соответствующего $p_{i \max}$.

Указано на необходимость дальнейшего проведения работ по увеличению стабильности процессов сгорания в двигателе Г-58, в связи с тем, что пониженная стабильность процессов сгорания является, видимо, одной из причин пониженной мощности этого двигателя.

Обосновано применение смешанного (качественно-количественного) регулирования газозоудшной смеси для улучшения экономичности работы двигателя Г-58.

9. В период подготовки экспериментальной части данной работы было произведено уточнение некоторых вопросов методики испытания газогенераторных двигателей. При этом были сформулированы общие положения по улучшению стабильности качества газа при работе газогенераторных двигателей и определен объем предварительных испытаний, которым должны подвергаться газогенераторные установки перед исследованиями двигателей с этими установками. Выяснена точность замеров влажности и расхода генераторного газа при определении их различными методами.