

Р. И. ГОЛЛАУЭР

БАЛАНС РАСХОДА ТОПЛИВА КАРБЮРАТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Замечено, что часть топлива, поступающего в двигатель, теряется из рабочей смеси и не участвует в сгорании. В связи с тем, что количества израсходованного и сгорающего топлива не равны, возникает необходимость в составлении баланса его расхода и определении количественного значения компонентов баланса.

Баланс топлива может быть представлен следующим выражением:

$$G_{\text{тр}} = G_{\text{тг}} + G_{\text{тон}} + G_{\text{ткж}} + G_{\text{ткп}} + G_{\text{твж}} + G_{\text{твп}} \frac{\text{кг}}{\text{час}} \quad (1),$$

где $G_{\text{тр}}$ — топливо, расходуемое из бака;

$G_{\text{тг}}$ — топливо, принимающее участие в сгорании;

$G_{\text{тон}}$ — топливо, теряемое на образование отложений во впускной трубе и нагара на стенках камеры сгорания;

$G_{\text{ткж}}$ — топливо, проникшее в картер в жидком виде;

$G_{\text{ткп}}$ — топливо, проникшее в картер в парообразном и взвешенном состояниях;

$G_{\text{твж}}$ — топливо, проникшее в выпускную систему в жидком виде;

$G_{\text{твп}}$ — топливо, проникшее в выпускную систему в парообразном и взвешенном состояниях.

Потери топлива, связанные с образованием коксовых отложений во впускном трубопроводе и нагара на деталях ка-

меры сгорания, по данным, приводимым А. В. Серебрянским и д-р техн. наук К. К. Папок, незначительны и не превышают 0,1% израсходованного топлива.

Количество теряемого в картер жидкого топлива зависит от состояния смеси при поступлении в цилиндр и изменения ее состояния в цилиндре.

Результаты исследований, проведенных проф. И. М. Лениным, Д. А. Рубцом и акад. Е. А. Чудаковым, позволяют сделать заключение, что при установившихся нагрузочных режимах и числе оборотов не ниже 1600 пленка жидкого топлива (бензина с концом кипения 205°) испаряется во впускном коллекторе и практически отсутствует при выходе из него.

При других режимах за время пребывания во впускном коллекторе распыленная часть топлива полностью испариться не успевает и в цилиндры двигателя поступает в виде капелек от 10 до 40% бензина.

Мнения о состоянии смеси к началу сгорания разноречивы. Имеются указания на то, что в цилиндре двигателя создаются условия, способствующие быстрому испарению топлива.

Принимая во внимание высокое число оборотов современных двигателей, а также тенденцию к их повышению и в связи с этим чрезвычайно малые отрезки времени, приходящиеся на такты впуска и сжатия, нельзя допустить возможности испарения значительных количеств топлива в цилиндре. Наблюдающееся повышение степени сжатия ухудшает интенсивность испарения топлива, так как давление в цилиндре возрастает при этом в относительно большей степени, чем температура.

Таким образом, испарение к концу сжатия не заканчивается, и к началу сгорания в цилиндре имеется некоторое количество топлива в неиспаренном виде. Часть этого топлива не участвует в сгорании и по стенкам цилиндров стекает в картер.

Непосредственного замера жидкого топлива, теряемого в картер, не производилось. О характере изменения обычно судят по изменению содержания конденсата или по изменению вязкости масла. Однако по этим признакам нельзя оценить количественную сторону явления.

Обработка результатов исследования пропусков газов, проведенных в ЦНИИАТ и на Горьковском автозаводе, позволяет сделать вывод, что величина потери топлива с кар-

терными газами составляет около 1% к израсходованному топливу при нормальном техническом состоянии двигателя.

Потеря топлива в выпускную систему (в парообразном и взвешенном состояниях) могла бы иметь место при продувке цилиндра свежим зарядом. По мнению проф. В. Н. Болтинского, предположения о возможности прополаскивания камеры сгорания свежим зарядом могут не приниматься во внимание. Проф. И. М. Ленин считает, что вследствие мгновенного уравнивания давлений около клапанов не может происходить проникновения свежей смеси в выпускные патрубки. Попадание жидкого топлива в выпускную систему при нормальных регулировках карбюратора и установившихся режимах исключается.

Анализ возможных путей выпадения топлива из смеси и оценки его количества приводит к следующим выводам:

1. Количество топлива, теряемое на образование коксовых отложений и нагара, может быть оценено как незначительное.

2. В картер по стенкам цилиндра стекает значительное количество топлива, зависящее от его сорта и нагрузки двигателя.

3. В картер с картерными газами при нормальном техническом состоянии двигателя проникает небольшое, но практически ощутимое количество топлива, около 1% к общему расходу.

4. В выпускную систему попадает ничтожно малое, практически неощутимое количество топлива.

В связи с этим уравнением баланса расхода топлива может быть сведено к формуле:

$$G_{тр} = G_{тг} + G_{ткж} + G_{ткп} \frac{K}{\text{час}} \quad (2).$$

Количество топлива, вступившего в реакцию сгорания, может быть учтено коэффициентом количественной полноты горения — K :

$$K = \frac{G_{тг}}{G_{тр}} \quad (3)$$

Для оценки полноты химической реакции горения введен коэффициент химического совершенства сгорания λ , определяемый из отношения

$$\lambda = \frac{Q_1}{Q_2} \quad (4)$$

где Q_1 — теплота, выделившаяся при образовании имеющих продукты сгорания,

Q_2 — теплота, которая могла бы выделиться при полном окислении топлива.

Задачей экспериментального исследования являлось определение компонентов топливного баланса, входящих в уравнение (2).

Работа проводилась на двигателе типа «Универсал» Владимирского тракторного завода.

В качестве топлива применялись керосин тракторный ГОСТ № 1842-52, с концом разгонки 300° и бензин автомобильный А-66 ГОСТ № 2048-51 с концом кипения 203° .

Рассматривались пять нагрузочных режимов: холостой ход, 25%, 50%, 75%, 100% максимальной мощности. Число оборотов поддерживалось постоянным.

Регулировка карбюратора была произведена на минимум удельного расхода топлива и для получения сравнительных результатов сохранялась неизменной. Углы открытия дроссельной заслонки, соответствующие рассматриваемым нагрузочным режимам, были определены предварительно и устанавливались одинаковыми для всех групп опытов.

Топливо, стекающее по стенке цилиндра в смеси с маслом, собиралось в течение одного часа уловителями и отводилось в сборный сосуд; увеличение продолжительности опыта влекло за собою опускание уровня масла в картере ниже допустимого. Извлечение топлива из смеси производилось вакуумной разгонкой; положительным в предложенном методе является немедленный отвод маслоторпливной смеси, вследствие чего она не принимает участия в процессах, имеющих место в картерном пространстве.

Определение количества топлива, прорвавшегося с картерными газами, производилось отводом этих газов из сапуна в холодильник; затем конденсат направлялся в сборный сосуд. Предварительно была проведена герметизация пространства, занимаемого картерными газами.

Определение количества негорящего топлива, при работе двигателя на бензине, производилось двумя методами: непосредственным замером и при помощи газового анализа. Полученные данные удовлетворительно совпадают (табл. 2).

Первая группа опытов проводилась со стандартным коллектором. Эти опыты дали возможность выявить зависимость исследуемых параметров от нагрузки при нерегулируемом подогреве.

При проведении второй группы опытов для осуществления регулируемого подогрева горючей смеси применялся специ-

1972/19

Таблица I

Наименование параметрон	Размерность	Режим работы двигателя				
		холостой ход	25 % мощности	50 % мощности	75 % мощности	100 % мощности
Баланс расхода топлива	% к расходу	82,7	88,1	91,5	94,0	95,8
Горячая часть топлива . . . . .	.	16,3	10,9	7,5	5,0	3,2 *
Стекает по стенке цилиндра . . . . .	.	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Прорывается с картерными газами . . . . .	.	—	0,880	0,914	0,939	0,957
Коэффициент количественной полноты горения	—	0,828	0,880	0,914	0,939	0,957
Подогрев регулируемый. Температура смеси оптимальная						
Баланс расхода топлива	% к расходу	85,0	88,7	91,3	93,8	95,6
Горячая часть топлива . . . . .	.	14,0	10,3	7,7	5,2	3,4
Стекает по стенке цилиндра . . . . .	.	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Прорывается с картерными газами . . . . .	.	—	0,890	0,915	0,940	0,956
Коэффициент количественной полноты горения	—	0,850	0,890	0,915	0,940	0,956

Топливо — керосин

Наименование параметров	Размерность	Режим работы двигателя				
		холостой ход	25% мощности	50% мощности	75% мощности	100% мощности
Баланс расхода топлива	% к расходу	89,9	93,0	94,9	97,5	99,0
Горящая часть топлива	"	9,1	6,0	4,1	1,5	—
Стекает по стенке цилиндра	"	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Прорывается с картерными га- зами	"					
Негорящее топливо по газовой анализу	кг/час	0,293	0,254	0,238	0,150	0,058
Негорящее топливо по замеру	"	0,310	0,258	0,248	0,136	0,066
Расхождение	"	-0,017	+0,004	+0,010	-0,014	+0,008
Коэффициент количественной полноты горения	—	0,899	0,930	0,948	0,975	0,992
Коэффициент химического со- вершенства сгорания	—	0,620	0,657	0,700	0,783	0,858
Подогрев регулируемый, Температура смеси оптимальная						
Баланс расхода топлива	% к расходу	89,7	92,8	94,8	96,4	97,9
Горящая часть топлива	"	9,3	6,2	4,2	2,0	1,1
Стекает по стенке цилиндра	"	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Прорывается с картерными га- зами	"					

Продолжение таблицы 2

Наименование параметров	Размерность	Режим работы двигателя				
		холодой ход	25% мощ- ности	50% мощ- ности	75% мощ- ности	100% мощ- ности
Негорящее топливо по газовой анализу	кг/час	0,288	0,266	0,244	0,218	0,154
Негорящее топливо по замеру	—	0,307	0,276	0,253	0,237	0,161
Расхождение	—	+0,019	+0,010	+0,009	+0,019	+0,007
Коэффициент количественной полноты горения	—	0,895	0,928	0,950	0,965	0,978
Коэффициент химического совершенства сгорания	—	0,643	0,718	0,802	0,885	0,988

Топливо — бензин

альный коллектор, допуская возможность изменять в необходимых пределах интенсивность подогрева смеси.

Оптимальной температурой подогрева смеси считалась такая, при которой двигатель развивал наибольшую мощность.

В таблицах 1 и 2 приведены основные данные, полученные при работе двигателя на рассмотренных нагрузочных режимах с нерегулируемым и регулируемым способами подогрева горючей смеси.

Наибольшее количество топлива стекает по стенке цилиндра в картер при холостом ходе двигателя, независимо от способа подогрева смеси. При увеличении нагрузки и открытия дроссельной заслонки количество стекающего топлива уменьшается.

Количество топлива, стекающего по стенке цилиндра на рассматриваемом нагрузочном режиме, находится в прямой зависимости от температуры горючей смеси. При повышении существующей температуры смеси до оптимальной количество стекающего в картер топлива уменьшается. Понижение температуры смеси до оптимальной вызывает увеличение этого количества.

Снижение существующей температуры подогрева смеси до оптимальной сопровождается повышением коэффициента наполнения, что в свою очередь вызывает повышение коэффициента избытка воздуха. Увеличение количества поступающего воздуха улучшает качество реакции горения, что видно по повышению коэффициента химического совершенства сгорания и по снижению содержания окиси углерода. Последнее обстоятельство уменьшает вредное действие отработанных газов.

Выводы

Количество топлива в парообразном и взвешенном состояниях, теряемое из рабочей смеси с картерными газами, при нормальном техническом состоянии двигателя составляет 1% к израсходованному топливу на всех нагрузочных режимах. Величина этой потери не зависит ни от температуры смеси, ни от фракционного состава топлива. Для снижения этой потери необходимо улучшение контакта поршневого кольца с сопряженными деталями.

Количество жидкого топлива, стекающего в картер по стенке цилиндра, составляет 3,2—16,3% от расхода при ра-

боте на керосине и 1,1—9,3% при работе на бензине. На величину этой потери, кроме нагрузки и фракционного состава топлива, оказывает влияние температура горючей смеси. Чем выше температура смеси, тем выше испаряемость топлива, тем меньше эта потеря.

Критерием достаточности подогрева и соответствия температуры смеси нагрузочному режиму работы служат мощностные и экономические показатели двигателя.

Фракционный состав оказывает большое влияние на количество жидкого топлива, стекающего в картер. Снижение температуры конца разгонки на 100° приводит к снижению потери жидкого топлива в 2,7 раза на режиме полной мощности и в 1,5 раза на остальных режимах.