

А. П. Меркулов, С. Д. Стенгач

БЕЗМОТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВИХРЕВОГО КАРБЮРАТОРА

Важнейшим путем повышения экономичности тепло-силовых установок является улучшение подготовки топливо-воздушной смеси перед сгоранием. Это особенно важно для транспортных двигателей внутреннего сгорания, работающих на дроссельных режимах, в которых смесь приготавливается в карбюраторах.

Применяемый в настоящее время диффузорный карбюратор с дроссельной заслонкой имеет ряд недостатков:

1. Неудовлетворительное качество смесеобразования на всех режимах работы двигателя.

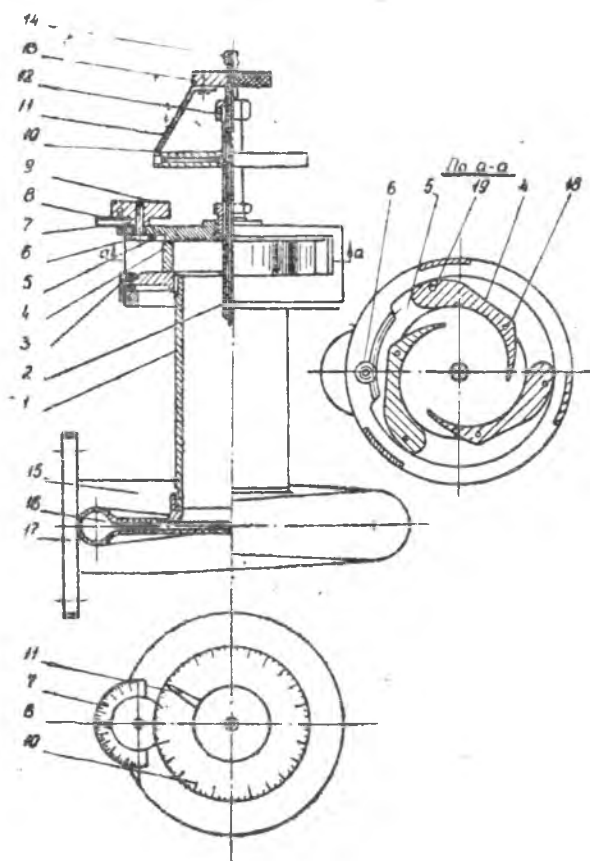
2. Расположение дроссельной заслонки после главной дозирующей системы карбюратора нарушает равномерность распределения топливо-воздушной смеси по цилиндрам.

3. При работе двигателя на дроссельных режимах вследствие незначительного перепада давления на главных жиклерах топливodoзирующей системы (перед дросселем) резко ухудшается процесс дозирования топлива и смесеобразования.

Разработанная нами конструкция вихревого карбюратора, основанная на вихревом эффекте энергетического разделения воздуха, на наш взгляд, позволяет освободиться от основных недостатков, присущих диффузорному карбюратору.

На фиг. 1 показана принципиальная схема экспериментального вихревого карбюратора (поплавковая камера не показана), состоящего из вихревой трубы (смесительной камеры) 1, трех лепестков 4, образующих трехсопловой вход, целевого диффузора 16, улиточного сборника 15, сектора 5 с зубьями и тремя косыми пазами, шестеренки 6, находящейся в зацеплении с сектором 5. На хвостовик шестеренки 6 насажен маховичок 9 со стрелкой 8, а на корпусе соплового входа 3 закреплена шкала 7. В приосевой области смесительной камеры установлен регулируемый топливный жиклер 2. Игла жиклера имеет конический наконечник, а на противополож-

ном конце — резьбовую нарезку для изменения раскрытия сопла жиклера и маховичок 13. В игле жиклера по оси, имеется отверстие для замера давления на оси вихря. Величина раскрытия топливного жиклера устанавливается поворотом маховичка и регистрируется стрелкой 11 по шкале 10.



Фиг. 1. Принципиальная схема вихревого карбюратора.

Лепестки 4 поворачиваются вокруг осей 18, укрепленных в корпусе соплового входа, за счет скольжения, укрепленных в лепестках осей 19 по пазам в секторе 5.

Поворот лепестков обеспечивает изменение проходного сечения соплового входа, т. е. изменения степени дросселирования карбюратора. Величина раскрытия сопел устанавливается поворотом маховичка 9 и регистрируется стрелкой 8 по шкале 7.

РАБОТА ВИХРЕВОГО КАРБЮРАТОРА

Воздух из атмосферы поступает в смесительную камеру карбюратора 1 через закручивающий трехсложный вход, образуемый тремя лепестками 4.

В закрученном потоке возникает вихревой эффект энергетического разделения воздуха: на периферии трубы по спирали вниз текут подогретые слои воздуха, а в осевой области по спирали вверх движется холодное ядро вихря. В результате интенсивной закрутки в осевой зоне вихря возникает значительный вакуум, обеспечивающий эффективный распыл топлива, подсасываемого в вихрь из поплавковой камеры через жиклер 2. Значительный вакуум в ядре вихря и большие окружные скорости потока улучшают процесс испарения капель топлива. Не успевшие испариться капли топлива увлекаются потоком, за счет центробежных сил отбрасываются к периферии и попадают в подогретые слои вихря, где и испаряются. Приготовленная топливовоздушная смесь поступает в щелевой диффузор 16, где кинетическая энергия кругового движения потока преобразуется в энергию давления, а затем из кругового улиточно-гоборника 15 через фланец 17 подается во всасывающий коллектор двигателя. Наличие диффузора 16 позволяет резко снизить давление в центре вихря по сравнению с давлением смеси на выходе из карбюратора.

По мере дросселирования карбюратора перепад давления на топливном жиклере все время увеличивается, что улучшает процесс приготовления топливовоздушной смеси в карбюраторе. Необходимый состав смеси устанавливается регулируемым жиклером 2.

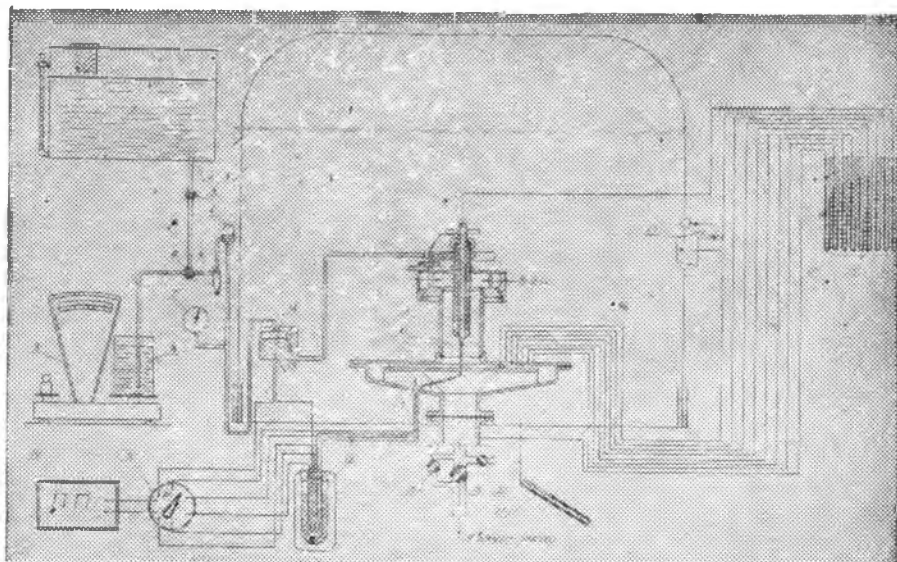
БЕЗМОТОРНЫЙ СТЕНД

Исследования вихревого карбюратора проводились на безмоторном стенде, оборудованном в соответствии с ГОСТом 1970-43 [1] и необходимыми дополнительными приборами.

На фиг. 2 показана система замеров и питания вихревого карбюратора на безмоторном стенде.

Вихревой карбюратор устанавливался в герметической камере 1. В кольцевой желоб станины заливалась вода, которая и образовывала гидравлический замок. Все подводы (топлива, датчиков давления и температуры) проходят через станину в герметичных заделках.

Расход воздуха, потребляемого карбюратором, измерялся насадками 25, перепад давления воздуха на насадках всегда поддерживался постоянным и равным 20 мм вод. ст., по микроманометру 21. Расход воздуха во время опытов устанавливался открытием соответствующего числа насадок различных проходных сечений. Насадки протарированы в институте метрологии им. Д. И. Менделеева. Относительная погрешность при измерении расхода воздуха в наших опытах, считая поток непульсирующим, не превышает $\pm 1,5\%$.



Фиг. 2. Система замеров и питания вихревого карбюратора на безмоторном стенде.

Расход топлива через карбюратор измерялся весовым способом. В зависимости от положения трехходового крана 6 топливо поступало к поплавковой камере карбюратора из расходного бака 2 или из мерного бака 3, установленного на весах (на фигуре изображено второе положение крана). При третьем положении крана топливо из расходного бака поступало к карбюратору и одновременно заполняло мерный бак.

В схеме предусмотрен запорный кран 3, фильтр тонкой очистки 5, топливный насос 4 и манометр для регистрации давления топлива перед поплавковой камерой.

В опытах применялся бензин А-72.

Навеска топлива в опытах бралась обычно 100 г. Время израсходования навески измерялось секундомером. Весы перед опытами тарировались. Относительная погрешность при измерении расхода топлива в наших опытах не превышала $\pm 0,5\%$.

Уровень топлива в поплавковой камере 14 устанавливался на 1-2 мм ниже сопла топливного жиклера вихревого карбюратора 15. Топливо из поплавковой камеры по прозрачной трубке (для контроля отсутствия пузырьков) поступало к топливному жиклеру.

Температура топлива в поплавковой камере, на оси вихря и смеси за диффузором измерялась медь-константановыми термопарами 13, 16 и 17, холодные спаи которых помещались в сосуд Дьюара 12 и находились во время опытов при нулевой температуре (температура тающего льда).

Э. д. с. термопар измерялась потенциометром ПП 10, подклю-

чаемых попеременно к нему через переключатель 11. Термопары тарировались, ошибка измерения ими температуры не превышала $\pm 1^\circ$.

Давление на оси вихря, на выходе из карбюратора и давление по радиусу диффузора измерялось ртутными пьезометрами 22, 23 и 24. Погрешность при измерении давлений пьезометрами не превышала ± 1 мм рт. ст. Перепад давления на карбюраторе устанавливался кранами 18, 19, 20. Безмоторный стенд приводился в действие вакуум-насосом РМК-3.

Результаты температурных исследований в вихревом карбюраторе в данной работе не приводятся.

ИСПЫТАНИЯ ВИХРЕВОГО КАРБЮРАТОРА НА БЕЗМОТОРНОМ СТЕНДЕ

При исследовании вихревого карбюратора на безмоторном стенде замерялись следующие параметры:

- B — барометрическое давление, мм. рт. ст.;
- T_0 — полная температура на входе в карбюратор, $^\circ\text{абс}$;
- P_0 — полное давление воздуха на входе в карбюратор, мм. рт. ст.;
- $P_{\text{сс}}$ — полное давление на оси вихря, мм рт. ст.;
- P_a — статическое давление на выходе из карбюратора, мм. рт. ст.;
- ΔP — перепад давления на расходных насадках, мм. вод. ст.

Расчетные параметры

1. Часовой расход воздуха, потребляемого карбюратором

$$G_B = V \cdot \gamma \text{ кг/час}, \quad (1)$$

где V — объемный расход воздуха определялся из тарировочных графиков по перепаду давления ΔP на них.

γ — удельный вес воздуха.

$$\gamma = \frac{B}{\frac{735,6}{RT_{01}} \cdot 10^4} \text{ кг/м}^3,$$

R — газовая постоянная для воздуха, равная 29, 27 кгм/кг.град.

2. Часовой расход топлива, потребляемого карбюратором

$$G_\tau = 3,6 \frac{\Delta G}{\tau} \text{ кг/час}, \quad (2)$$

где ΔG — навеска топлива в граммах;

τ — время расходования навески в секундах.

3. Коэффициент избытка воздуха

$$\alpha = \frac{G_a}{G_\tau L_0}, \quad (3)$$

где L_0 — теоретическое количество воздуха, необходимое для полного сгорания 1 кг. топлива.

4. Степень расширения потока в ядре вихря

$$\pi^* = \frac{P_{01}}{P_{0c}} \quad (4)$$

5. Степень расширения потока в карбюраторе

$$\pi_a = \frac{P_{01}}{P_a} \quad (5)$$

6. Относительная площадь проходного сечения сопла карбюратора

$$\bar{F}_c = \frac{F_c}{F_{тр}} \quad (6)$$

где F_c — суммарная площадь входных сопел карбюратора, $мм^2$;
 $F_{тр}$ — диаметральный площадь вихревой трубы (смесительной камеры) карбюратора.

$$F_{тр} = \frac{\pi D_{тр}^2}{4}$$

7. Эффективная площадь топливного жиклера

$$f_{эф} = \mu \cdot f_{ж} = \frac{G_{\tau}}{\sqrt{2g\gamma_{\tau}(P_{01} - P_{0c})}} \text{ мм}, \quad (7)$$

где μ — коэффициент расхода жиклера;

$f_{ж}$ — площадь жиклера;

g — ускорение земного тяготения;

γ_{τ} — удельный вес топлива.

Исследуемый вихревой карбюратор был рассчитан по методике расчета вихревых труб с закрытым холодным концом и диффузором [2].

Для выявления возможности уменьшения диаметра диффузора вихревого карбюратора проводились опыты на диффузорах с диаметром, равным $3,5 \cdot D_{тр}$ и $4,7 \cdot D_{тр}$. Ширина щели диффузора $\Delta = 0,1 D_{тр}$.

В этих опытах оставались постоянными: относительная площадь сопла $\bar{F}_c = 0,21$ и расход воздуха через карбюратор $G_b = 294 \text{ кг/час}$. Карбюратор продувался без топлива. Опыты показали, что при переходе с диффузора с большим диаметром на диффузор с меньшим диаметром степень расширения потока в ядре вихря π^* уменьшается менее чем на 1%, а степень расширения потока в вихревом карбюраторе π_a увеличивается не более 1%.

Из опытов следует, что имеется резерв по уменьшению диаметра диффузора по сравнению с рекомендуемым [2], а следовательно, и уменьшению габаритов карбюратора.

Для изучения влияния степени дросселирования вихревого карбюратора на его основные показатели π^* и π_a и нахождения макси-

мальной относительной площади проходного сечения сопла $\bar{F}_c$, при дальнейшем увеличении которой не наблюдался бы прирост π^* при неизменном π_a на безмоторном стенде были сняты характеристики карбюратора при различных степенях раскрытия сопла от $\bar{F}_c = 0,0281$ до $\bar{F}_c = 0,234$, при продувке его без топлива.

Перед каждым опытом устанавливалась и тщательно измерялась площадь соплового входа F_c .

Характеристики на каждое раскрытие сопла снимались по перепаду давления воздуха за карбюратором. Результаты опытов обрабатывались в безразмерных величинах π^* и π_a и показаны на фиг. 3.

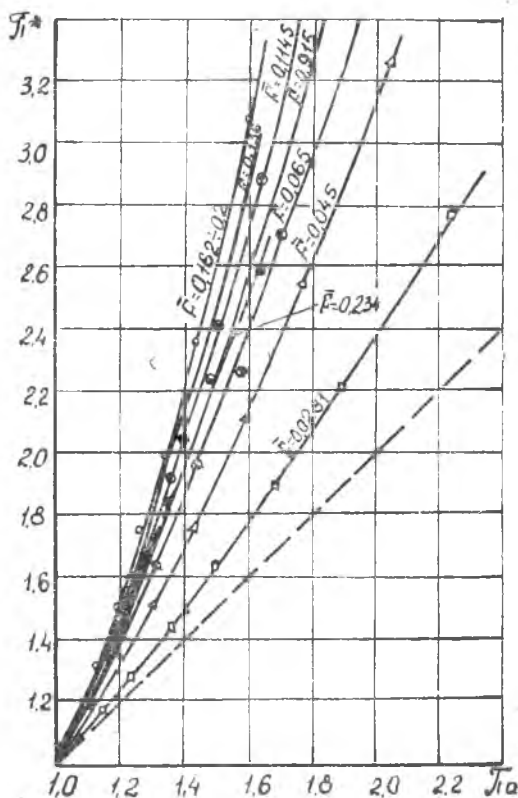
Из графика видно, что при уменьшении степени дросселирования карбюратора, т. е. при увеличении относительной площади $\bar{F}_c$ соплового входа величина π^* возрастает и достигает максимального своего значения при значении $\bar{F}_c = 0,162$. Дальнейшее увеличение $\bar{F}_c$ до 0,2 не дает заметного увеличения π^* , хотя расход воздуха через карбюратор при той же степени расширения π_a продолжает расти. Увеличение $\bar{F}_c$ с 0,2 до 0,234 приводит к уменьшению π^* .

По-видимому, при увеличении относительной площади сопла $\bar{F}_c$ более 0,2 заметно возрастают гидравлические потери в вихревом карбюраторе.

Дальнейшие исследования вихревого карбюратора имели своей целью изучение влияния впрыскиваемого в ядро вихря топлива на π^* .

Характеристики вихревого карбюратора снимались при различных степенях дросселирования его, т. е. открытия соплового входа карбюратора от $\bar{F}_c = 0,023$ до $\bar{F}_c = 0,22$.

Для каждого $\bar{F}_c = \text{const}$ характеристики снимались по несколь-

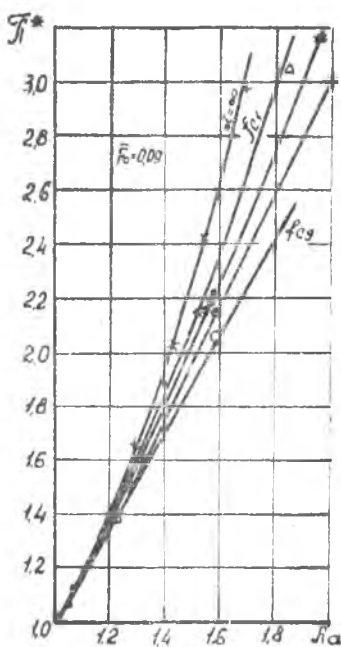


Фиг. 3. Зависимость степени расширения потока в ядре вихря от степени расширения потока в карбюраторе при различных $\bar{F}_c$.

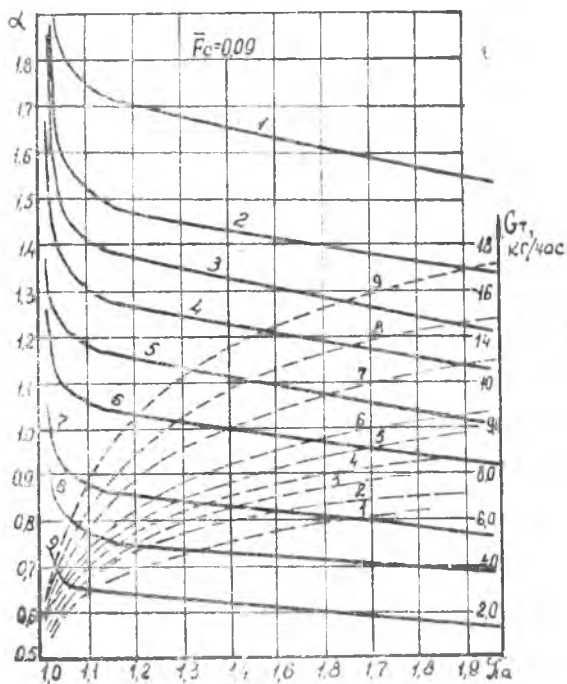
ким фиксированным положениям регулировочной иглы топливного жиклера. таким образом, чтобы для каждого раскрытия сопла вихревого карбюратора $\bar{F}_c = \text{const}$ при всех значениях π_a получить изменение коэффициента избытка воздуха от $\alpha \approx 0,6$ до $\alpha \approx 1,6$ с целью исследования всех возможных областей работы вихревого карбюратора по α .

Результаты опытов обрабатывались в безразмерных величинах π^* , π_a и α и наносились на графиках.

На фиг. 4 показаны графики, снятые при $\bar{F}_c = 0,09$ для различных раскрытий топливного жиклера. Кривая, соответствующая $\alpha = \infty$, — характеристика карбюратора при продувке его без топлива, все остальные кривые сняты при продувке карбюратора с топ-



Фиг. 4. Зависимость степени расширения потока в ядре вихря от степени расширения потока в карбюраторе при продувке карбюратора топливом и различных раскрытиях сопла топливного жиклера.



Фиг. 5. Зависимость коэффициента избытка воздуха и расхода топлива от степени расширения потока в карбюраторе при продувке карбюратора с топливом и различных раскрытиях сопла топливного жиклера.

ливом, но при постоянных и разных открытиях топливного жиклера. Из графика видно, что при впрыске топлива в ядро вихря крутизна кривых уменьшается с уменьшением α от $\alpha = \infty$. Это, по-

видимому, объясняется тем, что часть кинетической энергии воздушного вихря расходуется на раскрутку вводимого в приосевую зону топлива, что приводит к снижению уровня окружных скоростей вихря и повышению давления на оси. Парциальное давление испаряющегося топлива также приводит к повышению давления на оси вихря.

На фиг. 5 показаны графики изменения коэффициента избытка воздуха α и часового расхода топлива при различных раскрытиях топливного жиклера $f_{\text{ж}}$ в зависимости от степени расширения на карбюраторе π_a , но при постоянной относительной площади сопла карбюратора $\bar{F}_c = 0,09$.

Из графиков видно, что при $f_{\text{ж}} = \text{const}$ с уменьшением π_a топливовоздушная смесь постепенно обедняется. При изменении проходного сечения топливного жиклера, но при $\bar{F}_c = \text{const}$, α изменяется, но характер его изменения по π_a остается прежним.

Из теории карбюрации известно, что при работе двигателя по скоростным характеристикам, при переходе с больших оборотов на малые допустимо некоторое обеднение топливовоздушной смеси, что обусловлено снижением относительного количества остаточных газов в цилиндрах двигателя и ростом скорости сгорания смеси [3].

Поведение кривых на графике фиг. 5 показывает, что характер изменения α по π_a соответствует требованиям двигателя при работе по скоростным характеристикам.

Большой интерес представляет собой изучение коэффициента расхода топливного жиклера при впрыске топлива в закрученный поток ядра вихря. Для этих целей необходимы точные данные по проходному сечению топливного жиклера. Т. к. применяемый в опытах топливный жиклер имеет регулируемое проходное сечение, то эта задача сильно усложнена. Замер диаметра жиклера и угла конусности иглы жиклера на инструментальном микроскопе не дали желаемых результатов, так как микрошерошности соизмеримы с шириной щели между отверстием и иглой.

В связи с этим в нашей работе коэффициент расхода топливного жиклера отдельно не определялся, а вместо него рассчитывалась эффективная площадь жиклера $f_{\text{эф}}$ (7).

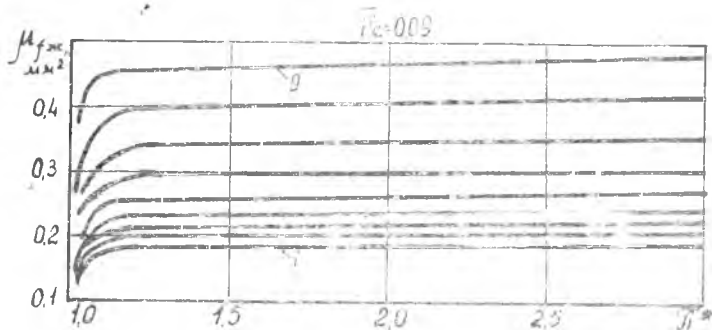
На графике фиг. 6 показаны кривые зависимости эффективной площади жиклера $f_{\text{эф}}$ при различных и постоянных открытиях жиклера в зависимости от π^* , определяющей скорость истечения топлива из жиклера, при постоянной степени раскрытия сопла карбюратора $\bar{F}_c = 0,09$.

Так как для каждой кривой площадь живого сечения топливного жиклера остается постоянной, то характер кривых на графике показывает изменение коэффициента расхода жиклера в зависимости от перепада давления на нем.

Как видно из графика, с увеличением перепада давления на жиклере коэффициент расхода вначале резко возрастает и при достижении $\pi^* = 1,05 \div 1,03$ темп роста становится незначительным и

монотонным, что, по-видимому, и объясняет заметное обеднение смеси при $\pi_d = 1,03 \div 1,018$.

При изменении площади проходного сечения топливного жиклера кривые сдвигаются параллельно самим себе и почти не деформируются; это свидетельствует об идентичном характере изменения коэффициента расхода при различных площадях проходного сечения жиклера, но при одинаковых π^* .



Фиг. 6. Зависимость эффективной площади топливного жиклера от степени расширения потока в ядре вихря.

ВЫВОДЫ

1. Создан экспериментальный вихревой карбюратор.
2. Благодаря значительному снижению давления на сопло вихревого карбюратора и высокой турбулентности вихря создаются благоприятные условия процесса распыла топлива и подготовки топливозоудшной смеси на всех режимах работы вихревого карбюратора.
3. С уменьшением давления P_a и при неизменных площадях сопла и топливного жиклера вихревой карбюратор обеспечивает пологие снижающиеся характеристики по α , что отвечает требованиям двигателя.
4. Полученные характеристики и оптимальные значения F_c позволяют провести ориентировочный расчет вихревого карбюратора.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 1970-43. Двигатели автотракторные. Методы типовых испытаний.
2. А. П. Меркулов. Совместная работа вихревой трубы с диффузором. Журн. «Холодильная техника» № 4, 1962.
3. И. М. Ленин. Системы топливоподачи автомобильных и тракторных двигателей. Машгиз. М., 1963.