

В.И. Климов, П.А. Сидоров

ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
И СНИЖЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ  
КАРБЮРАТОРНОГО ДВУХТАКТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Принятые обозначения

$M_{кр}$ - крутящий момент, в кгм	$G_{в}$ - расход воздуха, кг/час
$N_e$ - эффективная мощность, л.с.	$G_T$ - расход топлива, кг/час
$\zeta_v$ - коэффициент наполнения	$g_e$ - удельный расход топлива, г/л.с. час
$\theta$ - угол опережения зажигания, град	$n$ - обороты двигателя, мин
$\alpha$ - коэффициент состава смеси	$P_z$ - давление в камере сгорания, бар
$\Delta P_a$ - перепад давления, срабатываемый на карбюраторе, мм рт.ст.	

$H_2, O_2, CO_2, CO$  - объемное содержание соответственно водорода, кислорода, двуокиси углерода, окиси углерода, %.

Развитие карбюраторных двухтактных двигателей на первый план выдвигает один из важнейших вопросов настоящего времени - вопрос уменьшения загрязнения воздушного бассейна токсичными веществами. Другой, не менее важной, задачей продолжают оставаться вопросы совершенствования рабочих процессов двухтактных двигателей с целью получения более высоких мощностных и экономических показателей.

За последние годы исследованиями [1,2] по непосредственному впрыску топлива было доказано, что удельные расходы двухтактных двигателей не должны отличаться от удельных расходов четырехтактных. Однако, в настоящее время ни одна из разработанных систем топливоподачи не нашла практического применения ввиду сложности, дороговизны и недостаточной надежности. Сегодня двухтактные двигатели продолжают уступать в экономичности четырехтактным на 20-25%.

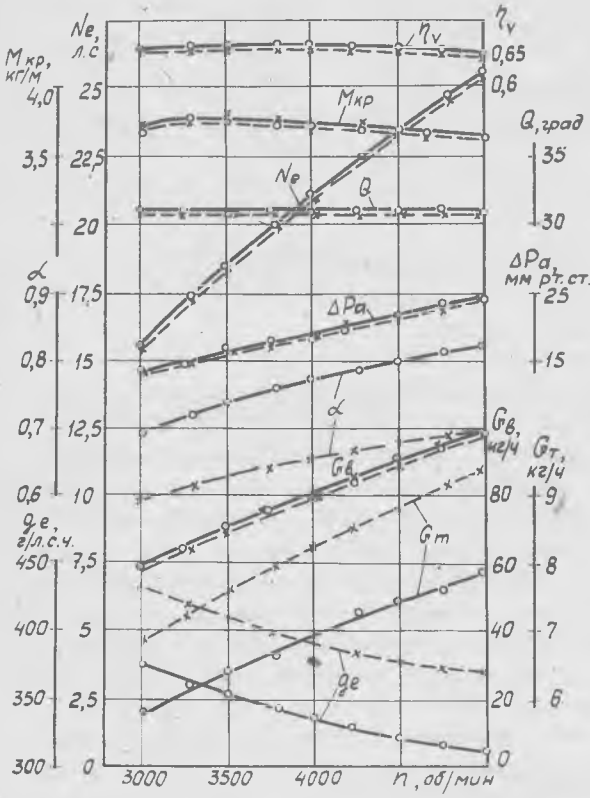
С целью выяснения возможности повышения технико-экономических показателей и снижения токсичности отработавших газов двухтактных карбюраторных двигателей за счет улучшения процесса смесеобразо-

вания были проведены работы по исследованию рабочих процессов двигателя лодочного мотора " Вихрь - М" с вихревым карбюратором.

Испытания проводились на специально оборудованной тормозной установке. При испытаниях измерялись параметры  $M_{кр}$ ,  $n$ ,  $G_B$ ,  $G_T$ ,  $\Delta P_a$ ,  $\theta$  и  $P_2$ . Состав выхлопных газов определялся методом отбора проб с последующим анализом на хроматографах ХЛ-4, ХЛ-69 и ЛХМ-8МД.

Из рис. I видно, что улучшение экономичности двигателя с вихревым карбюратором достигает ~16% при сохранении крутящего момента

и эффективной мощности. Следует отметить, что наиболее выгоднейший угол опережения зажигания при вихревом и обычном смесеобразовании оказался одинаковым. Это говорит о том, что несмотря на существенную разницу в коэффициентах избытка воздуха  $\alpha$ , определяемого процессом смесеобразования, средний состав смеси в цилиндрах двигателя получается такой, что для его нормального воспламенения и горения требуется постоянный угол опережения зажигания. Из рис. I



Р и с . I. Внешняя скоростная характеристика двигателя лодочного мотора " Вихрь - М" для различного состава смеси и двух способов смесеобразования:

- x - с серийным карбюратором;
- o - с вихревым карбюратором

следует, что гидравлические потери в вихре-

вом карбюраторе на всем исследуемом диапазоне оборотов  $n = 3000-5000$  об/мин практически такие же, что и на стандартном серийном карбюраторе.

Гидравлические потери обеспечили неизменность коэффициентов наполнения двигателя  $\eta_v$  и, как следствие, сохранили его мощностные показатели.

При снятии регулировочных характеристик было установлено, что с уменьшением нагрузки экономичность двигателя монотонно увеличивается. Так, если при  $n = 5000$  об/мин  $= const$  улучшение экономичности при полном дросселе составляет приблизительно 16%, то на самой малой из исследуемых нагрузок ( $N_e = 12,5$  л.с.) экономичность повышалась до 19,5%. Аналогичные результаты были получены и на скоростных режимах  $n = 3000, 3500, 4000$  и  $4500$  об/мин.

Для выяснения причин, влияющих на улучшение экономичности двухтактного двигателя при вихревом смесеобразовании были сняты осциллограммы изменения давления в камере сгорания верхнего и нижнего цилиндров. Анализ максимальных значений давлений  $p_z$  последовательных циклов показал, что при обычном карбюраторном смесеобразовании в нижнем и в верхнем цилиндрах наблюдается нестабильность. Наибольшая нестабильность по  $p_z$  проявилась через два цикла на третий или через три цикла на четвертый, достигая 20%.

При вихревом смесеобразовании эта нестабильность заметно снизилась и воспроизводимость последовательных циклов улучшилась. Причем, это улучшение в большей степени характерно для верхнего цилиндра, нестабильность циклов которого по  $p_z$  не превышала 3-4%. Нестабильность циклов нижнего цилиндра была выше и составила 10-12%.

Нестабильность в величинах максимального значения  $p_z$  последовательных циклов можно объяснить неоднородностью и непостоянством состава смеси  $\alpha$ , определяемого характером процесса смесеобразования двухтактных двигателей. Современный карбюратор двухтактных двигателей удовлетворительно выполняет функции дозатора топлива и воздуха, а приготовление топливо-воздушной смеси происходит в картерных продувочных полостях цилиндров. Неуправляемость процесса испарения капель топлива и приготовления топливо-воздушной смеси в картерных продувочных полостях приводит к резкому различию по составу смеси  $\alpha$  в цилиндрах двигателя от цикла к циклу, который и определяет различие по  $p_z$ . Замеряемый средний состав смеси на входе в двигатель  $\alpha$  является ориентировочным и не характеризует работу двухтактного двигателя в целом.

При вихревом смесеобразовании за счёт максимально дисперсного распыла топлива, высоких скоростей обдува капель топлива потоком воздуха, достаточно большого пути взаимодействия капли с потоком, разности температуры потока, капли и высокой турбулентности потока достигается более полное испарение капель топлива и более тщательное перемешивание паров топлива с воздухом в вихревом карбюраторе. В картерные продувочные полости цилиндров поступает более однородная топливо-воздушная смесь. Капли топлива, попавшего в картер в виде дисперсной взвеси, частично испаряются, а неиспарившиеся капли увлекаются потоком смеси и попадают в цилиндр двигателя. Иными словами, во время продувки и наполнения цилиндров двигателя происходит более полная очистка продувочных полостей картера от топлива. Это позволяет получить более однородный по качеству и более стабильный по количеству состав смеси последовательных циклов и, следовательно, большую стабильность в величинах максимального давления  $p_z$ .

Большую нестабильность в величинах максимального значения  $p_z$  последовательных циклов в нижнем цилиндре по сравнению с верхним при вихревом смесеобразовании следует пояснить. Не всё топливо, подаваемое в карбюратор, испаряется полностью в карбюраторе. На выходе из него в топливо-воздушной смеси топливо находится в виде пара, мелких дисперсных капель и жидкой плёнки. Питание двухтактного двухцилиндрового двигателя лодочного мотора " Вихрь - М" организовано так, что в картерную продувочную полость верхнего цилиндра может попасть топливо-воздушная смесь, в которой топливо находится или в виде пара, или мелких дисперсных капель. Неиспарившаяся часть топлива в виде пленки попадает только в картерную продувочную полость нижнего цилиндра, вызывая разброс по  $\alpha$  цикловых зарядов и соответственно нестабильность в величинах максимальных значений  $p_z$  последовательных циклов. Равномерное распределение этой пленки по картерным продувочным полостям верхнего и нижнего цилиндров могло бы привести к идентичной воспроизводимости последовательных циклов в верхнем и нижнем цилиндрах, повышению экономичности двухтактного двигателя до 20-25%.

Влияние смесеобразования на состав отработавших газов оценивается по двум, но наиболее характерным режимам работы двигателя:  $n = 5000$  об/мин,  $N_e = 25,5$  л.с. при мощностном составе смеси ( $\alpha = 0,7$  для серийного,  $\alpha = 0,83$  - вихревого) и  $n = 2000$  об/мин - холостого хода.

Было установлено, что при вихревом смесеобразовании уменьшается объёмное содержание CO в отработавших газах. Так на  $n = 5000$  об/мин снижение CO достигало 25%, а на  $n = 2000$  об/мин холостого хода содержание CO уменьшалось приблизительно в 4,5 раза, составляя соответственно 2,7 и 1,3%. При снижении CO в отработавших газах наблюдается уменьшение содержания  $H_2$  и увеличение содержания  $CO_2$ . Причем, чем больше степень дросселирования, тем больше снижение  $H_2$  и больше увеличение содержания  $CO_2$ .

Содержание кислорода в отработавших газах остается почти постоянным, но очень высоким ( $O_2 \approx 8\%$ ) по сравнению с четырехтактными двигателями ( $O_2 < 1\%$ ). На наш взгляд это объясняется потерями рабочей смеси в выпускной системе во время продувки и наполнения цилиндров двигателя.

## В ы в о д ы

1. Исследована возможность использования вихревого эффекта для улучшения процесса смесеобразования маломощных двухтактных двигателей, обладающих резкой циклической процессом течения газа в смесительном устройстве.

2. Получено улучшение на 12-16% экономических показателей лодочного мотора во всем диапазоне оборотов и нагрузок с сохранением мощности и крутящего момента по внешней скоростной характеристике.

3. Доказано, что увеличение полноты сгорания топлива при вихревом смесеобразовании ведет к снижению объёмного содержания окиси углерода в отработавших газах на 20-25%.

## Л и т е р а т у р а

1. Ленин И.М., Ломовский В.А. Непосредственный впрыск бензина в двухтактные двигатели. "Автомобильная промышленность", 1956, № 7.

2. Ленин И.М., Никольский А.Ф. Регулирование мощности двухтактного двигателя с впрыском топлива. "Автомобильная промышленность", 1961, № 12.