

## ВЛИЯНИЕ ТОПЛИВНОГО ОБОГАЩЕНИЯ ВОЗДУШНОГО ЗАРЯДА НА ОСНОВНЫЕ ЭФФЕКТИВНЫЕ И ИНДИКАТОРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ РАБОТЕ ЕГО НА БЕНЗОДИЗЕЛЬНЫХ СМЕСЯХ

---

А. И. ДЕДОВ

В настоящее время как в нашей стране, так и за рубежом проводится интенсивная исследовательская работа по углублению знаний в области рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания. Важное место в этих исследованиях занимает создание многотопливных двигателей, существенное преимущество которых — полнота использования различных фракций углеводородов сырой нефти, достигающая 71%, в то время как в бензиновых и дизельных двигателях, вместе взятых, могут быть использованы только 54% углеводородов, содержащихся в сырой нефти.

Однако создание новых типов двигателей связано с определенными техническими трудностями. Из ранее выполненных исследований (А. Г. Сахаров, Н. И. Итинская и др.) известно, что частичное использование легких фракций нефти и улучшение эффективных показателей работы выпускаемых дизелей возможно с помощью изменения способа подачи в цилиндры.

Анализируя предложенные методы, можно считать наиболее удачным из них подачу части топлива вместе со свежим зарядом воздуха во всасывающий коллектор. Такой метод не требует серьезных конструктивных изменений, но значительно улучшает мощностные и экономические показатели тракторных дизелей.

Введение в цилиндр части топлива с воздушным зарядом способствует развитию в камере сгорания (на такте сжатия) среды повышенной химической активности. В результате улучшается процесс сгорания основного топливного заряда, впрыскиваемого через форсунку. При этом, как показали опыты Н. И. Итинской и М. А. Кульчева на двигателе с полуразделенной камерой сгорания, существенное влияние на процесс сгорания в дизеле, особенно в период задержки воспламенения, оказывает химический состав топлива, подаваемого в цилиндр с воздушным зарядом. За счет активации процесса сгорания в цилиндрах, при раздельной подаче топлива, в работе была установлена возможность применения для дизеля топлива с низкими цетановыми числами.

По нашему мнению, в результате улучшения процесса сгорания за счет раздельной подачи топлива в цилиндры двигателя с неразделенной камерой сгорания также могут быть использованы топлива с низ-

кими цетановыми числами. В качестве низкоцетановых топлив могут быть различные смеси дизельного топлива с бензином.

Чтобы установить возможность использования таких топлив в двигателе с неразделенной камерой сгорания, а также проверить, насколько улучшается процесс смесеобразования и сгорания топлива, мы исследовали работу 4-цилиндрового тракторного дизеля Д-37Е воздушного охлаждения.

Программой исследований предусматривались стендовые испытания для определения мощностных, экономических и температурных показателей при питании двигателя дизельным топливом «3» ГОСТ 305-62, содержащим различное количество бензина А-66 ГОСТ 2084-56.

Исследование проводили на дизельном топливе в смеси с 40% и 50% бензина. В качестве контрольных смесей при выявлении отклонений показателей работы дизеля в ту или другую сторону были приготовлены и подлежали испытанию смеси дизельного топлива с 30% и 60% бензина.

В качестве дополнительного топлива, подаваемого в засасываемый воздух дизеля (обогащение воздушного заряда), применяли бензин А-66, низкооктановое топливо. Такое сочетание бензодизельных смесей и дополнительных топлив принято, чтобы установить допустимый процент разбавления дизельного топлива бензином и наилучший состав топлива, подаваемого с воздушным зарядом. Оно позволяет также найти, при каком составе основного топлива в сочетании с дополнительным получается наибольшее увеличение эффективной мощности и улучшение топливной экономичности двигателя. Основные физико-химические свойства выбранных топлив приведены в табл. 1.

Таблица 1

Виды топлива	Плотность (г/куб. см) $\rho_{4}^{20}$	° кипения	Октан. число	Низш. теплота сгор. (ккал/кг)	Теорет. необх. к-во воздуха (кг/кг топлива)	Элементарный состав (%)				
						C	H <sub>2</sub>	S	O <sub>2</sub>	W (H <sub>2</sub> O)
Бензин А-66 ГОСТ 8084-56	0,7089	57—195	66,7	10485	15,0	85,4	14,2	0,11	0,29	ОТС
Изооктан	0,6918	99,3	100	10670	15,12	84,2	15,8	ОТС	ОТС	ОТС
Уайт-спирит	0,775	150—200	23,8	10289	14,52	85,2	13,39	0,01	0,8	ОТС
Дизельное топливо 3 ГОСТ 305—62	0,776	до 305	45 (ц. ч.)	10385	14,85	87,0	12,48	0,52	ОТС	ОТС

Опытная установка для исследования дизеля Д-37Е была разработана и смонтирована на стенде в лаборатории двигателей кафедры «Тракторы и автомобили» МИИСП. Она состояла из серийного двигателя Д-37Е Владимирского тракторного завода, нагружаемого гидравлическим тормозом и снабженного необходимой измерительной аппаратурой. Дополнительное топливо в засасываемый дизелем воздух подавали с помощью карбюратора К-13, смонтированного на воздушном коллекторе, а расход замеряли с помощью мерной бюретки.

Для измерения расхода основного топлива применяли автоматическое устройство ПСИД-6, разработанное в НАТИ.

Кроме замера расхода основного и дополнительного топлив, измеряли давление и температуру окружающей среды, крутящий момент на валу двигателя, расход воздуха, число оборотов коленчатого вала, температуру охлаждающего воздуха, масла и выхлопных газов.

Температурное состояние стенок цилиндров, головок цилиндров и поршня (третьего цилиндра) измеряли по специально разработанной методике.

Определение индикаторных параметров рабочего процесса двигателя производили индицированием полости IV цилиндра. Индикаторные диаграммы дизеля записывали с помощью электропневматического стробоскопического индикатора МАИ-2.

Исследование дизеля проводили при различных числах оборотов коленчатого вала в интервале от 1200 до 1800 об/мин, через 200 об/мин.

На каждом обороте исследовались два режима:

1. При заданном числе оборотов двигателя и постоянном часовом расходе основного топлива, но переменном количестве дополнительного топлива, подаваемого во всасываемый воздух. Испытания дизеля на этом режиме позволили установить максимально возможное количество дополнительного топлива к воздушному заряду, а также изменение характера и значений основных эффективных показателей работы двигателя.

2. При постоянной максимально возможной подаче дополнительного топлива, также постоянном числе оборотов, но разных подачах основного топлива. На всех исследованиях скоростных режимах максимальное количество добавочного топлива во всасываемый воздух ограничивалось значительным увеличением жесткости работы дизеля и появлением стуков в цилиндре. При этом наблюдалась также повышенная дымность выхлопа.

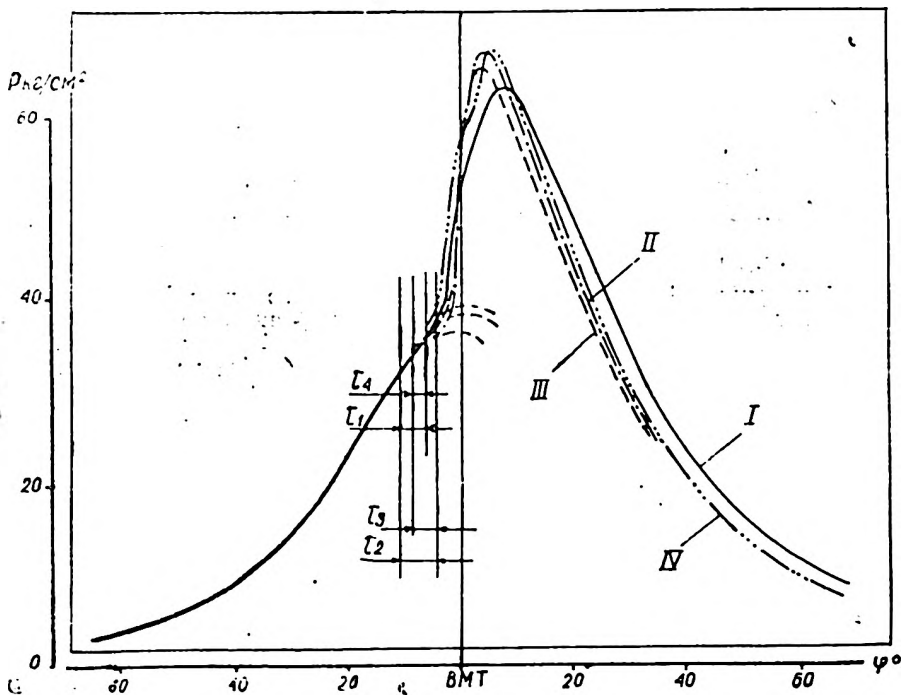


Рис. 1. Совмещенные индикаторные диаграммы дизеля Д-37 Е при  $N=40$  л. с.:  $n=1600$  об/мин;  $\theta=15^\circ$  п. к. в. до ВМТ:

I — работа двигателя на дизельном топливе; II — на смеси 50×50%; III — на смеси 50×50% с обогащением воздуха бензином А-66; IV — на смеси 50×50% с обогащением воздуха уайт-спиритом.

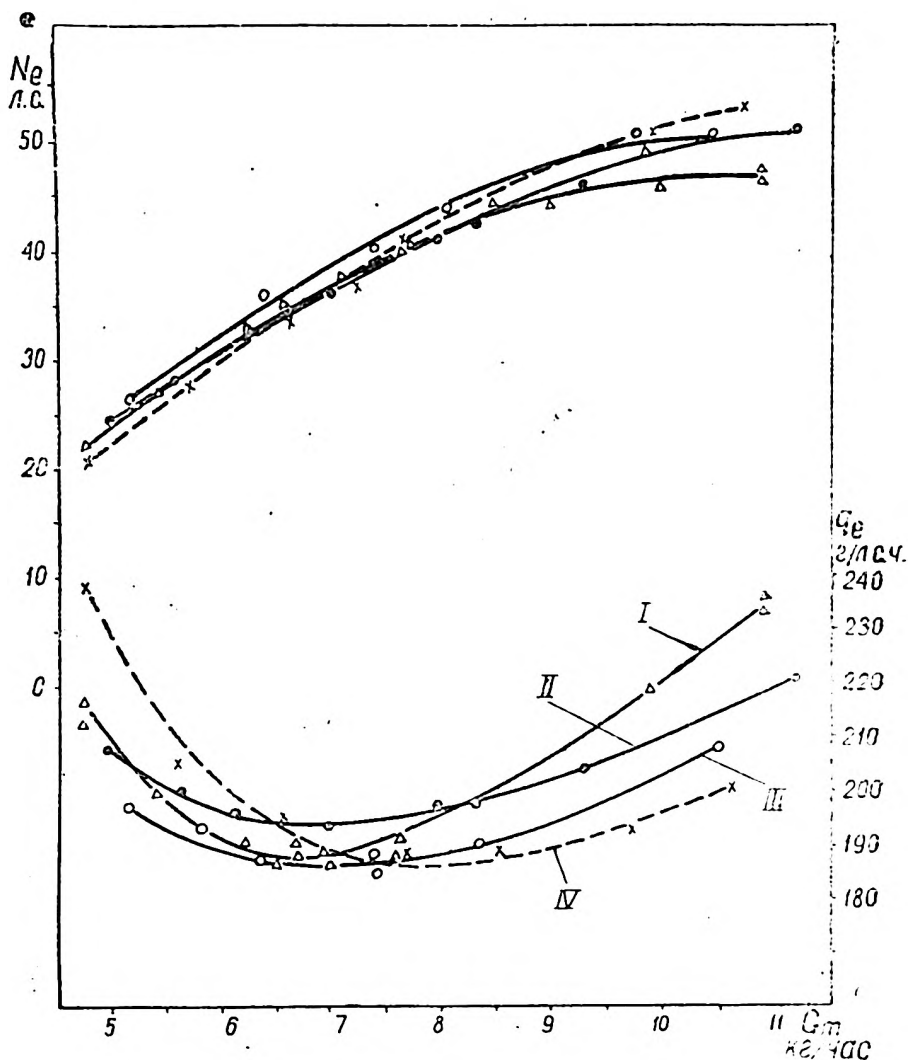


Рис. 2. Изменение мощности и суммарного удельного расхода топлива при постоянной подаче присадки в воздушный заряд и разных количествах основного топлива  $n=1600$  об/мин.

I — работа двигателя на дизельном топливе; II — на смеси  $50 \times 50\%$ ; III — на смеси  $50 \times 50\%$ , с обогащением воздуха бензином А-66; IV — на смеси  $50 \times 50\%$  с обогащением воздуха уайт-спиритом.

В проведенных исследованиях получены весьма обширные экспериментальные данные; в этой статье приведена лишь часть их: результаты работы двигателя на смеси  $50\%$  дизельного топлива с  $50\%$  бензина А-66 (по весу), при обогащении воздушного заряда уайт-спиритом и бензином А-66. Графическое изображение результатов испытаний показано на рис. 1 и 2, а значение основных показателей работы дизеля приведены в табл. 2 и 3.

Из анализа полученных данных видно, что при работе двигателя на бензодизельной смеси с подачей во всасывающий коллектор дополнительных топлив при практически одинаковой мощности ( $N=40$  л. с.) и числе оборотов  $n=1600$  об/мин удельный расход топлива снижается.

Более пологая кривая удельного расхода топлива при работе двигателя на бензодизельной смеси с присадкой уайт-спирита в засасыва-

Таблица 2

Показатели	Работа двигателя		На бензодиз. смеси (50X50%) с подачей на впуске	
	на диз. топливе	на бензодиз. смеси (50X50%)	бензин А-66	уййт-спирит
Мощность $N_e$ , л. с.	40	40,8	40	41
Удельный расход топлива, г/л. с. ч.	191,5	196	188,5	186,8
Часовой расход топлива, кг/час	7,659	8,0	7,54	7,660
Мощность на пределе дымления, л. с.	42,5	44,80	49,6	52,8
Часовой расход топлива на пределе дымления, кг/час	8,50	9,08	0,67	10,632
Удельный расход топлива, на п. д. г/л. с. ч.	200,0	202,5	200,0	201,3
Расход дополнительного топлива при $N_{econst} = 40$ л. с. — кг/час	—	—	2,5	1,680
Расход дополнительного топлива при $N_e$ п. д. — $G_m$ доп. п. д., кг/час	—	—	2,24	2,02
Сравнительный прирост мощности на пределе дымления, %	100	105,5	117	124,2
$\Delta g$ г/цикл при $N_{econst} = 40$ л. с.	0,0399	0,04166	0,03930	0,03985
Коэффициент избытка воздуха $\alpha$ при $N_{econst} = 40$ л. с.	1,730	1,615	1,76	1,770
Коэффициент избытка воздуха $\alpha$ при $N_e$ п. д.	1,52	1,41	1,275	1,120
Коэффициент наполнения при $N_e = 40$ л. с.	$\eta_v$ 0,806	0,787	0,809	0,825
Коэффициент наполнения при $N_e$ п. д.	$\eta_v$ 0,787	0,780	0,750	0,772

емый воздух указывает на большой резерв мощности при практически постоянном удельном расходе топлива на 1 л. с./час.

Работа дизеля на пределе дымления протекает более мягко, при этом повышается эффективная мощность и снижается удельный расход топлива по сравнению с работой двигателя на одном дизельном топливе. Резкое снижение дымности выхлопа способствует (на пределе дымления) более высокому часовому расходу топлива. Полученные нами данные подтверждают возможности снижения дымности выхлопа дизеля путем предварительного введения части топлива во всасываемый воздух.

Таблица 3

Показатели	Работа двигателя		на бензодиз. смеси (50X50%) с подачей на впуске	
	на диз. топливе	на бензодиз. смеси (50X50%)	бензин А-66	уайт-спирит
Мощность $N_e$ л. с.	40	40,8	40	41
Суммарный часовой расход топлива, $G_m$ , кг/час	7,659	8,0	7,54	7,660
Суммарный удельный расход топлива $g_e$ , г/л. с. ч.	191,5	196	188,5	186,8
Среднее индикаторное давление $P_i$ , кг/кв. см	7,64	7,38	7,27	7,40
Степень повышения давления	1,725	1,802	1,720	1,805
Фаза видимого сгорания $\varphi$ в. г., град. п. к. в.	13,5°	9°	8,0°	12,0°
Период задержки воспламенения $\tau$ , град. п. к. в.	5,0°	7,0°	4,5°	2,5°
Максимальное давление сгорания $P_z$ , кг/кв. см	63,0	66,5	65,3	69,0
Средняя жесткость кг/кв. см град п. к. в.	1,965	3,33	3,010	2,56

При работе двигателя с обогащением засасываемого воздуха уайт-спиритом удельный расход топлива на пределе дымления остался неизменным, а мощность возросла на 24,2%

Низкооктановый бензин А-66, как присадка, также способствует получению хороших эффективных показателей работы двигателя. Здесь прирост мощности составил 17%.

Индикаторные показатели рабочего процесса двигателя мы определили по индикаторным диаграммам. Для обработки диаграмм пользовались методическим пособием акад. Б. С. Стечкина и упрощенным метсдом определения среднего индикаторного давления, предложенного А. Ф. Фокиным и В. В. Кононенко.

В табл. 3 приведены основные показатели индикаторных диаграмм работы двигателя на различных топливах и с различными способами подачи топлива в цилиндр.

Из совмещенных индикаторных диаграмм (рис. 1) хорошо видно, как изменяется период задержки самовоспламенения рабочей смеси с подачей дополнительных топлив в воздушный заряд дизеля по сравнению со значениями  $\tau$  при работе его на одном дизельном топливе и бензодизельной смеси.

Несколько меньше период задержки воспламенения снижается в случае подачи на впуске бензина А-66 (диаграмма 3) по сравнению с  $\tau_4$  для уайт-спирита (диаграмма 4); это можно объяснить, по-видимому, присутствием в бензине А-66 некоторого количества трудноокисляемых углеводородов. В то время как в составе уайт-спирита они отсутствуют. Поэтому процессы предпламенного окисления в гомогенной смеси уайт-спирита с воздухом, сжимаемой в цилиндре двигателя, бо-

лее интенсивны, что способствует сокращению периода задержки воспламенения основного топлива, подаваемого через форсунку.

Известно, что среднее индикаторное давление повышается за счет уменьшения коэффициента избытка воздуха ( $\alpha$ ) и увеличения теплоты сгорания рабочей смеси. Анализ  $\alpha$  и  $P_i$  при одинаковой мощности  $N = 40$  л. с., показывает, что при облегченном основном топливе с вводом присадки в воздушный заряд коэффициент избытка воздуха возрастает, а показатели среднего индикаторного давления понижаются. Это свидетельствует о том, что исследованный нами способ улучшения процесса сгорания позволяет, кроме улучшения топливной экономичности, повысить литровую мощность двигателя за счет возможности снижения коэффициента избытка воздуха.

Кроме того, коэффициент избытка воздуха в сильной мере влияет на период задержки воспламенения. По нашим данным, наименьший период задержки самовоспламенения и коэффициент избытка воздуха, а на пределе дымления — при бензодизельном процессе с присадкой уайт-спирита. Если принять коэффициент избытка воздуха при дизельном процессе за 100%, то произошло снижение  $\alpha$  с 1,52 до 1,190, что составляет 21,5%. В то же время период задержки самовоспламенения бензодизельной смеси с присадкой в воздушный заряд уайт-спирита уменьшился.

Анализ средней жесткости показывает, что облегченное бензином А-66 основное топливо трудно поддается окислению и самовоспламенению, а это увеличивает период задержки самовоспламенения топлива (диаграмма 2 рис. 1), в результате средняя жесткость возрастает. Степень повышения давления здесь также несколько увеличивается. При работе двигателя с присадкой на впуске бензина А-66 жесткость и степень повышения давления снижаются по сравнению с работой на смеси. Подача низкооктанового уайт-спирита способствует значительно уменьшению средней жесткости (табл. 3).

Следовательно, преимущества отдельной подачи топлива в цилиндры особенно заметны, когда в качестве основного топлива применяется низкооктановое топливо (в нашем случае смесь 50×50% дизельного топлива и бензина А-66) и карбюрируется низкооктановое топливо.

1. Внедрение топливной присадки в свежий воздушный заряд дизеля с неразделенной камерой сгорания улучшает процесс сгорания основного топлива.

2. Подача присадки на выпуске позволяет использовать в дизелях облегченное топливо, представляющие смесь 50% дизельного топлива и 50% бензина.

3. Введением различных топливных присадок в воздушный заряд дизеля Д-37Е можно изменять период задержки самовоспламенения смеси, а также снижать жесткость работы двигателя.