

Р.С. АЙВАЗЯН

## О ВОЗМОЖНОСТЯХ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО НАДДУВА НА АВТОТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЯХ

Изучены возможности применения комбинированного наддува на автотракторных дизелях. Проведены экспериментальные исследования комбинированного наддува на автотракторном дизеле Д-145Т, на основе которых представлены оптимальные размеры патрубков от воздухоочистителя к турбокомпрессору.

**Ключевые слова:** комбинированный наддув, автотракторный дизель, эксперимент, патрубок.

Необходимость получения оптимальных показателей современных дизельных силовых агрегатов в зависимости от изменения внешнего сопротивления привела к созданию многоступенчатых трансмиссий различных типов и конструкций. Однако такие трансмиссии конструктивно сложны, дороги, имеют значительную массу, и управление ими требует высокой квалификации водителей. Более прогрессивную тяговую характеристику можно получить усовершенствованием двигателя внутреннего сгорания. Двигатель, имеющий большой коэффициент приспособляемости и соответственно высокий запас крутящего момента, автоматически обеспечивает плавное преодоление внешнего сопротивления при минимальном числе переключения передач. Однако современные дизели обеспечивают запас крутящего момента лишь на 15...18%, что не соответствует вышеуказанным требованиям, даже при большом числе передач трансмиссии. Это объясняется тем, что обычная система турбонаддува при низких частотах вращения коленчатого вала не обеспечивает возрастающую потребность дизеля в воздухе для бездымного сгорания.

Одним из способов улучшения коэффициента приспособляемости турбонаддувного дизеля является перепуск выпускных газов, минуя турбину, или перепуск воздуха за компрессором при высоких частотах вращения, т.е. при применении регулируемых турбокомпрессоров [1]. При этом часть энергии выпускных газов и воздуха не используется, что отрицательно влияет на мощностные показатели дизеля и его топливную экономичность. С другой стороны, этот способ не нашел широкого применения на практике из-за его сложности и недостаточной надежности.

Решение указанных задач может дать комбинированная система наддува. В этом случае дизель с турбонаддувом должен быть оборудован впускным коллектором с подводящими патрубками, подобранными так, что на режиме максимального крутящего момента осуществляется интенсивный динамический наддув вследствие резонанса волн во впускной системе.

Для обеспечения хорошего наполнения двигателя в некоторых случаях применяют впускной трубопровод с большим поперечным сечением. Однако, кроме

уменьшения сопротивления впускной системы, одновременно происходит также изменение амплитуд и фазовых состояний гармоник колебаний перед впускным клапаном, что при определенных условиях может привести к уменьшению коэффициента наполнения.

Экспериментально показано, что большому диаметру впускного трубопровода соответствует его большая оптимальная длина. Выбором соответствующей длины можно настроить впускной трубопровод на любой рабочий режим двигателя по частоте вращения, а изменением диаметра трубопровода – перемещать область настройки впускной системы. Если последняя настроена на режим максимального крутящего момента, то увеличение диаметра вызывает повышение коэффициента наполнения на режиме максимальной частоты вращения (2).

Опыты, проводимые на турбонаддувном дизеле воздушного охлаждения Д-145Т, заключались в снятии нагрузочных характеристик при различных трубопроводах от воздухоочистителя к компрессору турбокомпрессора ТКР-8,5. Окончательному сравнительному испытанию подверглись три трубопровода, имеющие соответственно длину 740, 510 и 200 мм.

Оценка показателей двигателя производилась по среднему эффективному давлению  $P_e$  и удельному расходу топлива  $q_e$  на скоростных режимах 1400, 2000 и 2200  $\text{мин}^{-1}$ .

Результаты испытаний показали, что в одном и том же впускном трубопроводе двигателя при различных частотах вращения и коленчатого вала возникают резонансные явления с различной интенсивностью. Вследствие этого величины  $q_e$  при постоянном  $P_e$  и при различных трубопроводах отличаются друг от друга.

На рис.1 приведена зависимость  $g_e = f(P_e)$ , снятая при впускных трубопроводах вышеуказанных размеров при частоте вращения 1400  $\text{мин}^{-1}$ , соответствующей режиму максимального крутящего момента.

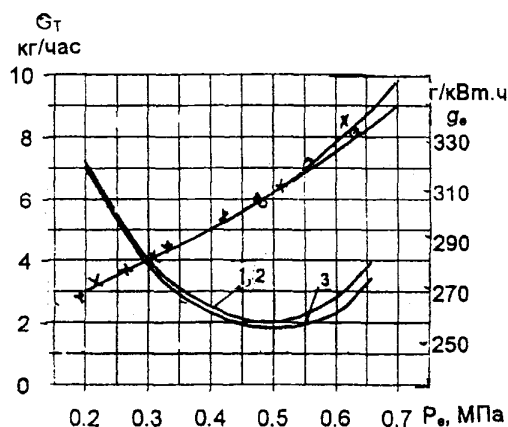


Рис. 1. Сравнительные нагрузочные характеристики дизеля Д-145Т при различных впускных патрубках  $n=1400 \text{ мин}^{-1}$ , 1 –  $L=740 \text{ мм}$ , 2 –  $L=510 \text{ мм}$ , 3 –  $L=200 \text{ мм}$

Разница  $q_e$  в среднем для различных вариантов трубопроводов составляет 4,1  $\text{г/кВт.ч}$ . Улучшение экономичности дизеля Д-145Т связано с оптимальной длиной впускного патрубка  $L=200 \text{ мм}$ . При этом диаметр патрубка был принят равным штатному.

На эффективность динамического наддува отрицательно влияют такие факторы, как острые кромки, косой срез, уменьшение проходного сечения, близко расположенный к входу турбокомпрессора воздушный фильтр. Отдельные участки трубопровода, например, длина участка разветвлений от впускного клапана, оказывают неодинаковое влияние на коэффициент наполнения. На наполнение цилиндров влияют также соединительные отверстия, введенные во впускных трубопроводах. Это конструктивное изменение приводит к снижению амплитуд колебаний давлений в трубопроводах, уменьшает гидравлические потери в системе впуска и среднее разрежение в трубопроводе. Воздействие этих факторов приводит к увеличению коэффициента наполнения при высоких скоростях и его уменьшению при низких и средних скоростных режимах. Поэтому при создании схемы комбинированного наддува их необходимо учитывать.

Динамический наддув положительно влияет на условные механические потери, которые выражаются уменьшением одной из основных составляющих этих потерь, т.е. насосных потерь. Это связано с уменьшением затрат мощности на осуществление насосных ходов из-за увеличения скорости воздуха, поступающего в цилиндры двигателя.

На рис.2 приведена зависимость  $R_{мп} = f(P_k/P_r)$ , где  $R_{мп}$  – общие механические потери в двигателе при частоте вращения коленчатого вала, равной  $1400 \text{ мин}^{-1}$ ;  $P_k$  – давление наддува;  $P_r$  – противодавление перед турбиной турбокомпрессора.

Таким образом, при комбинированном наддуве увеличение  $P_k$  приводит к росту отношения  $P_k/P_r$ , следовательно, и понижению  $R_{мп}$ .

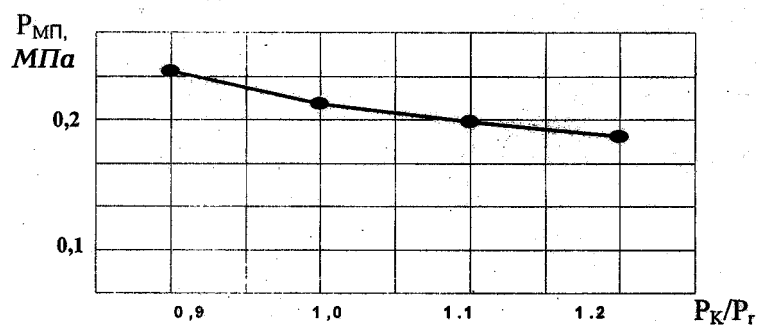


Рис.2. Зависимость  $R_{мп} = f(P_k/P_r)$  при  $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$

Экспериментальный подбор геометрических размеров впускной системы комбинированного наддува, обеспечивающий максимально возможное увеличение наполнения, сложен и трудоемок. Однако эту работу можно упростить применением метода математического планирования эксперимента и ЭВМ.

Эксперименты, проведенные на различных двигателях, показали, что колебательные процессы во впускной системе не зависят от состава смеси и исследования процесса газообмена, а подбор геометрических параметров системы динамического наддува можно проводить при прокручивании двигателя с отключенной подачей топлива. При этом эффективность динамического наддува можно оценить величиной давления конца сжатия или определением расхода воздуха через двигатель.

Метод прокручивания с отключенной подачей топлива позволяет упростить проведение эксперимента, повысить точность измерений и достоверность полученных результатов.

Таким образом, на основании вышеизложенного можно прийти к следующим выводам:

- комбинированный наддув по сравнению с другими методами улучшения приспособляемости дизеля позволяет увеличить максимальный крутящий момент без изменения конструкции турбокомпрессора;

- комбинированный наддув наиболее целесообразно применять на дизелях тяжелых грузовиков и тракторов, где возможно увеличение коэффициента приспособляемости, снижение удельного расхода топлива, сокращение числа переключений передач и обеспечение благоприятного теплового режима при больших нагрузках.

Обобщая результаты публикаций ранее проведенных работ в области двигателей с комбинированной системой наддува, можно отметить отсутствие в них информации по ряду принципиальных вопросов, от решения которых зависят эксплуатационные качества двигателей. В частности, не приведены данные о влиянии данного способа наддува на тепловую и механическую напряженность деталей двигателя.

Учитывая ряд достоинств комбинированного наддува, необходимо провести исследование и испытание по созданию эффективного комбинированного наддува применительно к дизелям автотракторного типа.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Взоров Б.А., Мордухович М.И. Форсирование тракторных двигателей. - М.: Машиностроение, 1985. – 210 с.
2. Чарный И.Д. Основы газовой динамики. - М.: Машиностроение, 1961. – 225 с.
3. Байков Б.П., Бордуков В. Г. и др. Турбокомпрессоры для наддува дизелей. - М.: Машиностроение, 1975.- 195 с.

ГИУА. Материал поступил в редакцию 20.06.2002.

#### Ռ.Ս. ԱՅՎԱԶՅԱՆ ՀԱՍՄԱՆՑՎԱԾ ՆԵՐՄՂՄԱՆ ԿԻՐԱՌՄԱՆ ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ԱՎՏՈՏՐԱԿՏՈՐԱՅԻՆ ԴԻԶԵԼՆԵՐՈՒՄ

Ուսումնասիրվել են տուրբոներմոմով դիզելների վրա համակցված ներմղման կիրառման հնարավորությունները: Տուրբոներմոմով Ժ-145T դիզելի վրա կատարվել են փորձարարական աշխատանքներ, որոնց արդյունքում սահմանվել է օդազտիչից դեպի տուրբոկոմպրեսոր տանող խողովակաշարի լավարկված չափերի ընտրություն:

#### R. S. AIVAZYAN ON POSSIBILITIES OF COMBINED SUPERCHARGING APPLICATION ON AUTOTRACTOR DIESEL ENGINES

Combined supercharging application possibilities of Diesel engines on autotractors are studied. Experimental investigations of combined supercharging on Diesel D-145T autotractors and optimum branch pipe sizes from the air purifier to the turbocompressor Diesel D-145T are fixed.