

ДИЗЕЛЬНЫЙ РОТОРНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ С БЕСТУРБИННЫМ НАДДУВОМ

*Р.А. Григорьянц, к.т.н., кафедра «Тракторы, автомобили и теплотехника»;
Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия*

Рассматривается конструкция нового дизельного двигателя с продолженным расширением непосредственно в рабочих камерах двигателя и наддувом без турбокомпрессора

Рабочее тело в поршневых двигателях внутреннего сгорания (ДВС) вследствие относительно невысокой степени расширения к началу выпуска еще обладает значительной потенциальной энергией [1, 2]. При средних значениях температуры $T_b = 1100\text{--}1500\text{ К}$ и $P_b = 3\text{--}5\text{ кгс/см}^2$ располагаемая энергия имеет значительную величину ($30\ 000\text{--}50\ 000\text{ кгс}\cdot\text{м/кг}$), намного превышающую энергию, необходимую для сжатия холодного воздуха ($3000\text{--}5000\text{ кгс}\cdot\text{м/кг}$). Однако современные конструкции газораспределительных систем при кривошипно-шатунном механизме реализации энергии газов не позволяют полностью использовать весь запас энергии отработавших газов.

В целях использования располагаемой энергии выхлопных газов был создан турбонаддув, повышающий удельные мощностные и массогабаритные показатели двигателей. Наличие газовой связи турбины и двигателя из-за инерционности турбины ($n_m = 40\ 000\text{--}60\ 000\text{ об/мин}$) на переходных режимах нарушает своевременное обеспечение цилиндров воздухом, что приводит к ухудшению приемистости и основных параметров двигателя.

Известен роторно-поршневой ДВС, содержащий систему наддува, каналы впуска и выпуска, корпус с линейчатой рабочей поверхностью, внутри которого расположен ротор [3]. Данный двигатель содержит последовательно установленные на общем валу секции, каждая из которых выполнена с двумя рабочими камерами эпитрохоидного профиля. В каждой секции между рабочими камерами выполнена компрессорная камера эпитрохоидного профиля, большая ось которой расположена перпендикулярно большой оси рабочих камер. Каналы газообмена, связывающие ее с рабочими камерами, выполнены

развернутыми один относительно другого на угол 180° .

По существу роторно-поршневой ДВС имеет механическую систему наддува с присущими ей недостатками:

- относительно низкие технико-экономические показатели двигателя, что обусловлено затратой энергии на привод компрессора; в результате — снижение механического КПД двигателя;
- сравнительно высокий эффективный расход топлива в связи со сниженным КПД двигателя и дополнительными затратами мощности на привод компрессора;
- громоздкая металлоемкая конструкция системы наддува, так как для нагнетания воздуха в камеры двигателя использован нагнетатель, выполненный в виде компрессора эпитрохоидного профиля.

В двигателях эпитрохоидного типа исключена возможность использования среднего и высокого наддува, а применение низкого наддува возможно только при существенном снижении степени сжатия, которое приводит к ухудшению пусковых свойств двигателя. Отношение поверхности ротора, воспринимающей давление газов, к среднему значению плеча газовой силы, создающей крутящий момент, составляет $850\text{--}950$. Это определяет огромные силы, действующие на ротор и эксцентриковый вал, что приводит к снижению эффективности использования наддува, а также существенному снижению моторесурса и надежности двигателя.

Нами разработан дизельный роторный ДВС с бестурбинным наддувом и продолженным расширением отработавших газов [4]. Он содержит (рис. 1–4) корпус 1 с линейчатой рабочей поверхностью 2, внутри которого расположен ротор 3 с расположенными в пазах ползунами 4, шарнирно связанными с поршнями 5. Двигатель имеет систему продувки, выполненную в виде двух каналов, связанных коллектором 7. Первый канал 8 расположен в секторе расширения 9 в плоскости, перпендикулярной плоскости вращения ротора 3 и совпадающей с большой осью линейчатой

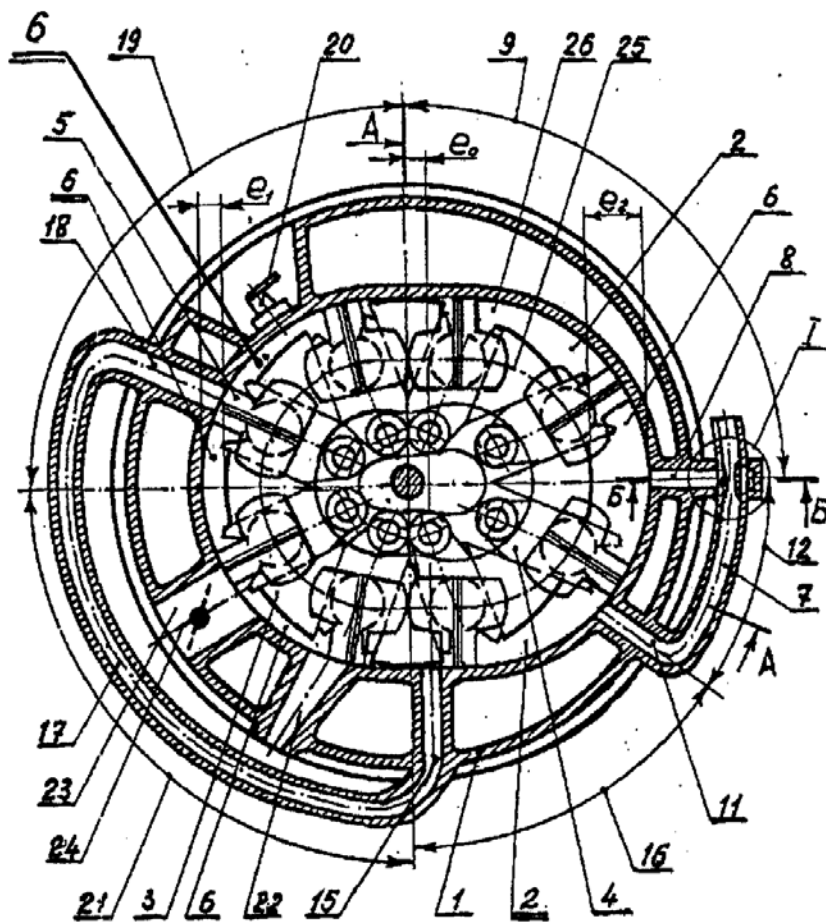


Рис. 1. Поперечный разрез двигателя с тороидально-цилиндрической рабочей поверхностью

поверхности корпуса 1. Впускной канал 10 системы продувки расположен в плоскости канала 8, а второй канал 11 расположен в секторе продувки 12. В коллекторе 7 в месте его соединения с первым каналом 8 системы продувки установлен диффузор 13, имеющий отверстия 14. Система наддува-нагнетания также выполнена в виде двух каналов, из которых первый 15 расположен в секторе наддува-нагнетания 16 на продолжении малой оси линейчатой поверхности 2 корпуса 1 и связанной коллектором 17 со вторым каналом 18, расположенным в секторе сжатия 19. На корпусе 1 установлена форсунка 20. В секторе всасывания 21 расположен выпускной канал 22 и впускной канал 23, снабженный заслонкой 24. Линейчатая поверхность 2 выполнена в виде поверхности, образованной частью окружности при движении ее центра по направляющему контуру 25, представляющему собой либо две полуокружности, сопряженные параллельными прямыми (тороидально-цилиндрическая поверхность), либо эллипс, либо овал Кассини с соотношением $a/c \geq \sqrt{2}$, где a — постоянная величина, c — расстояние от центра овала Кассини до его фокусов.

Центр ротора 3 смещен относительно центра рабочей линейчатой поверхности 2 корпуса 1 на величину, определяемую формулой:

$$e_0 = \frac{e_1 \cdot (\rho_1 - 1)}{2 \cdot \rho_1},$$

где $\rho_1 = e_2/e_1 = 2,5-3,5$ — степень продолженного расширения; e_1 — расстояние между наружной поверхностью ротора и рабочей поверхностью корпуса в секторе всасывания; e_2 — расстояние между наружной поверхностью ротора и рабочей поверхностью корпуса в секторе всасывания.

Роторный двигатель внутреннего сгорания работает следующим образом. При вращении ротора 3 по часовой стрелке в секторе всасывания 21 через впускной канал 23 при открытой заслонке 24 в результате разрежения в рабочую камеру 6 поступает воздух. При дальнейшем вращении ротора 3 после достижения максимального объема рабочей камеры в секторе всасывания рабочая камера переходит в сектор сжатия 19, поршнем 5 открывается второй канал 18, и через него в эту рабочую камеру нагнетается сжатый воздушный заряд из рабочей камеры,

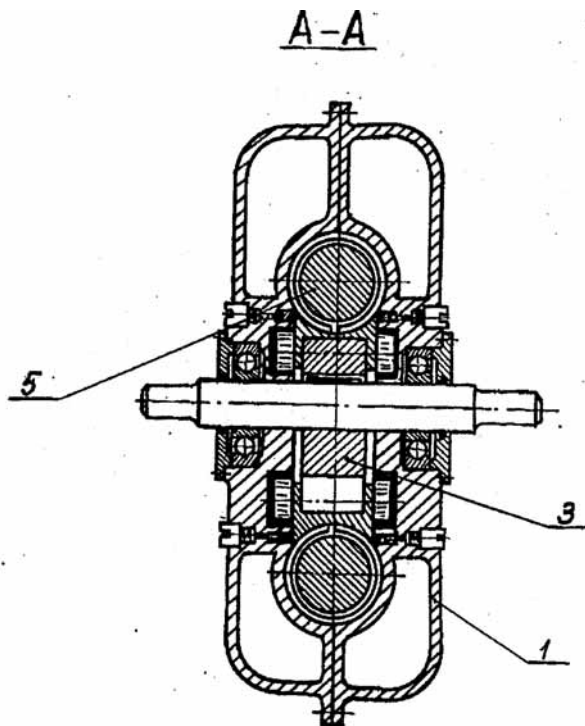


Рис. 2. Продольный разрез А-А на рис. 1

находящейся в это время между каналами 11 и 15 в секторе наддува-нагнетания 16. Затем в секторе сжатия 19 форсункой 20 в рабочую камеру впрыскивается топливо.

При дальнейшем вращении ротора 3 происходит максимальное сжатие ($\epsilon_0 = \epsilon_n \cdot \epsilon$, при $\epsilon_n = 1,5-4,0$ и $\epsilon = 16-20$) заряда. При этом воздух и топливо нагреваются, топливо испаряется и после достижения температуры самовоспламенения воспламеняется. В рабочей камере 6 создается высокое давление сгорания $P_z = 9-10$ МПа и более. В секторе расширения 9 совершается продолженный рабочий ход в результате давления газов на избыточную поверхность, образованную правым ползуном 4, при этом возникает крутящий момент, вращающий ротор 3 по часовой стрелке.

При дальнейшем вращении ротора 3 в секторе расширения 9 в рабочую камеру 6 через впускной канал 10 (рис. 2) из атмосферы поступает воздух, который смешивается с отработавшими газами. Пока каналы 8 и 11 продувочной системы сообщаются с рабочей камерой 6 происходит сжатие газовой смеси и его подача к диффузору 13 через второй канал 11 и коллектор 7. Газовая смесь, проходя через диффузор 13, создает в нем разрежение, благодаря которому смесь свежего воздуха с отработавшими газами из рабочей камеры 6 через первый канал 8, отверстия 14 в диффузоре 13 поступает внутрь диффузора 13 и затем удаляется в атмосферу.

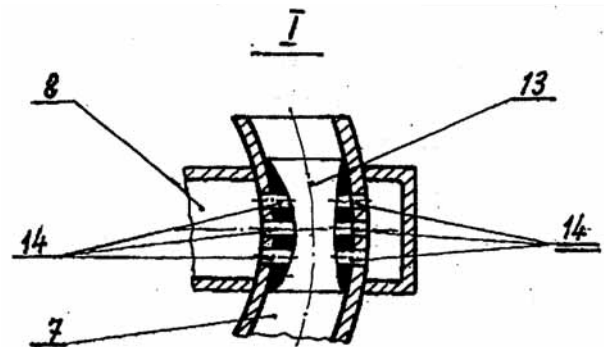


Рис. 3. Вид I эжектора системы продувки

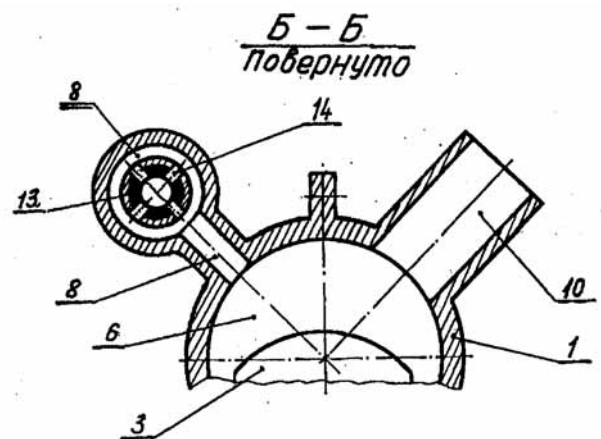


Рис. 4. Разрез Б-Б системы продувки на рис. 1

Таким образом происходит удаление из рабочей камеры части газовой смеси. Как только рабочая камера завершит наддув-нагнетание через каналы 15 и 18 и коллектор 17, оставшаяся часть заряда будет удалена в атмосферу через канал 22. Затем процессы повторяются.

При изменении нагрузочных режимов (увеличении или уменьшении) соответственно изменяется количество впускаемого воздуха, регулируемого заслонкой 13, то есть осуществляется регулируемый наддув-нагнетание.

В предлагаемом дизельном роторном двигателе продолженное расширение осуществляется при одном и том же угле формирования такта всасывания и расширения за поворот ротора 3 на 90° . Увеличение объема расширения осуществляется смещением центра ротора в сторону сектора всасывания на величину e_0 , то есть объем расширения многократно увеличивается за счет увеличения поперечного сечения рабочей камеры.

Использование наддува (низкого, среднего, высокого) без специальных устройств-турбо-нагнетателей упрощает конструкцию двигателя, удешевляет его изготовление и эксплуатацию.

При изменении нагрузочных режимов (увеличении или уменьшении) соответственно изменяется количество впускаемого воздуха, регулируемого заслонкой 13, т. е. осуществляется регулируемый наддув, позволяющий оптимизировать параметры рабочего процесса двигателя.

В предлагаемом двигателе продолженное расширение и всасывание осуществляются при одном и том же угле поворота ротора — 90°. Таким образом, увеличение объема расширения в 2,5–3,5 раза осуществляется смещением центра ротора в сторону сектора всасывания на величину e_0 , т. е. объем расширения увеличивается за счет увеличения поперечных размеров рабочей камеры b в секторе расширения ϑ . Совместное использование в предлагаемом изобретении продолженного расширения и бестурбинного наддува позволяет существенно повысить мощность,

топливную экономичность, удельные мощностные и массогабаритные показатели дизельного роторного двигателя.

Выводы

1. Осуществление наддува, благодаря сочетанию продолженного в 2,5–3,5 раза расширения рабочего тела и нагнетания из камеры в камеру непосредственно внутри роторного двигателя без турбонагнетателя упрощает конструкцию, повышает эффективность использования теплоты рабочего процесса, а также повышает долговечность и надежность двигателя.

2. Предложенная конструкция дизельного роторного двигателя внутреннего сгорания с бестурбинным наддувом дешевле в изготовлении и эксплуатации, обладает высокими удельными и массогабаритными показателями.

Литература

1. В. М. Архангельский, М. М. Вихерт, А. Н. Воинов и др. Автомобильные двигатели — М.: Машиностроение, 1967. — 496 с.
2. Белов П. М., Бурячко В. Р., Акатов Е. И. Дви-

гатели армейских машин: В 2 ч. — М.: Воениздат, 1971. — Ч. 1. — 512 с.

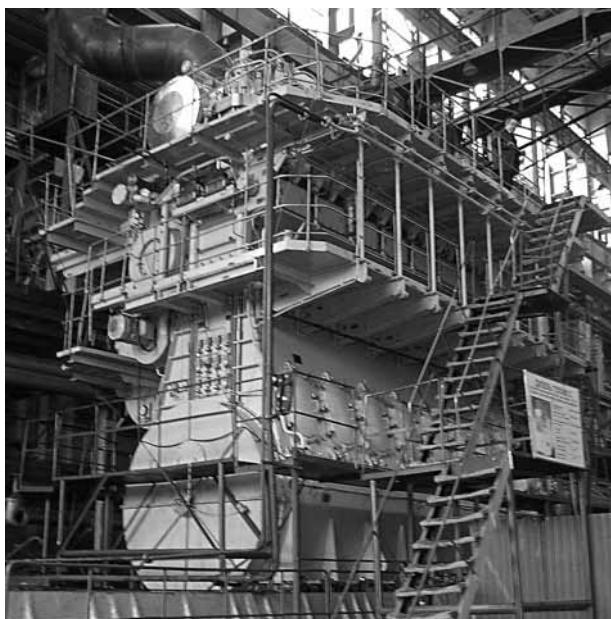
3. А. с. 436166 СССР, МКИ F 02 В 53/08, 1974.

4. Пат. 2119072 РФ, МКИ А 02 В 53/08, 1998.

НА ДВИГАТЕЛЕСТРОИТЕЛЬНЫХ ЗАВОДАХ РОССИИ

Соответствие двигателей БМЗ требованиям МАРПОЛ 73/78 подтверждено международными сертификатами EIAPP

Брянский машиностроительный завод (БМЗ) один из первых и пока единственный в России организовал работы по проведению сертификации судовых дизелей на соответствие требованиям Приложение IV к Международной конвенции МАРПОЛ 73/78, вступившей в силу 19 мая 2005 года. Сертификация осуществляется с использованием концепции группы двигателей по ГОСТ Р ИСО 8178/7, что позволяет распро-



странять результаты испытаний и сертификат соответствия базового двигателя, представляющего группу, на все двигатели сходной конструкции, объединенные в эту группу.

Первые двигатели 6S26MC и 6S50MC-C были сертифицированы в 1999 году при участии фирмы-лицензиара MAN B&W Diesel A/S. Все последующие двигатели были испытаны Российской фирмой НПФ «Экология», аккредитованной в системе международных классификационных обществ (МАКО). Соответствие двигателей БМЗ требованиям конвенции МАРПОЛ 73/78 подтверждено международными сертификатами EIAPP (Engine International Air Pollution Prevention Certificate), выданными Регистром Ллойда, Германским Ллойдом, DNV (Норвегия), Российским Морским Регистром Судоходства. Результаты сертификационных испытаний показали, что за семь лет совершенствования конструкции двухтактных малооборотных двигателей S50MC-C, выбросы NO_x были сокращены с 16,8 до 13,3 г/кВт·ч, при росте p_{me} от 17,2 до 19,0 бар.

Генеральный директор НПФ «Экология»
к.т.н., доцент Новиков Л.А.

Дизель 7S50MC-C Mk7 мощностью 11060 кВт
при 127 об/мин на стенде завода.
Сертификат EIAPP выдан DNV (Норвегия)