

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТУРБОКОМПАУДИРОВАНИЯ В ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

¹Марченко С.А.

¹Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. В статье представлен обзор дизельного силового агрегата, устанавливаемого на грузовые автомобили и автомобили сельского хозяйства с использованием турбоагнетателя, а также система турбокомпаунда, предусмотренная для модернизации двигателя с целью повышения его мощностных и разгонных характеристик. В работе приведена оценка характеристик двигателя с использованием данной системы, подтвержден факт повышения коэффициента полезного действия ДВС, а также рассмотрены передовые зарубежные разработки в области двигателестроения с использованием данной технологии. Обосновано применение системы турбокомпаунда в дизельных двигателях.

Ключевые слова. Двигатель, дизель, цилиндр, турбоагнетатель, турбокомпаунд, мощность, турбина, КПД, технология, мотор.

JUSTIFICATION OF THE USE OF TURBOCOMPOUNDING IN DIESEL ENGINES

¹Marchenko S.A.

¹Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract. The article presents an overview of a diesel power unit using a turbocharger, as well as a turbocompound system provided for engine modernization and consideration of its advantages.

Keywords. Engine, diesel, cylinder, turbocharger, turbocompound, power, turbine, efficiency, shaft.

Введение. Дизельный двигатель - это поршневой двигатель внутреннего сгорания, принцип работы которого основан на самовоспламенении в камере сгорания распылённого под большим давлением топлива от воздействия разогретого при сжатии воздуха. Данный тип двигателя активно применяется на грузовых автомобилях и сельскохозяйственной технике, регулярно работающей при больших нагрузках. Последние 100 лет производители дизельных двигателей повышали мощность своих силовых агрегатов за счёт увеличения числа цилиндров, объёма камеры сгорания, улучшения топливной системы и ещё ряда мелких доработок. Эти изменения приводят к значительному увеличению массогабаритных характеристик мотора, что не всегда является приемлемым [1,3].

К концу прошлого века производители грузовых автомобилей и сельскохозяйственной техники задумались над вопросом повышения удельной мощности и коэффициента полезного действия своих силовых установок, не изменяя конструкции блока цилиндров и шатунно-поршневой группы двигателя-основных конструктивных элементов. Так появилась идея использовать энергию, которая в противном случае и ушла бы в атмосферу, в работу за счет силовой турбины, приводимой в действие выхлопными газами. Она получила название турбокомпаундирование [2,5,7]. Данная система, впервые опробованная на высокомоментных дизельных двигателях марки Scania, продемонстрировала миру свою работоспособность и доказала полезность установки на силовые агрегаты. К плюсам турбокомпаунда можно отнести резкое повышение топливной экономичности (вплоть до 8%), повышение мощности на 50 л.с. без внесения изменений в основные элементы двигателя, а также возвращение механической энергии обратно в двигатель. Высокую надёжность данной системы обеспечивает минимальное количество движущихся элементов, и высокое число шарикоподшипников. Также она повышает ресурс двигателя и шатунно-поршневая группа (ШПГ) в частности, снижая трение и обеспечивая дополнительный запас мощности [4,6].

Принцип работы турбокомпаундирования. Турбокомпаундирование является непростым, однако очень эффективным решением в конструкции дизельного двигателя. Его принцип заключается в преобразовании энергии выхлопных газов, поступающих в выпускной коллектор, посредством турбины, гидромуфты и понижающей передачи, а также системы патрубков, в энергию вращательного движения маховика. Данная энергия дополнительно воздействует на механизм передачи крутящего момента на колёса, повышая мощностные характеристики двигателя и повышая его КПД. С целью более детального ознакомления с процессом турбокомпаунда, рассмотрим данную систему пошагово:

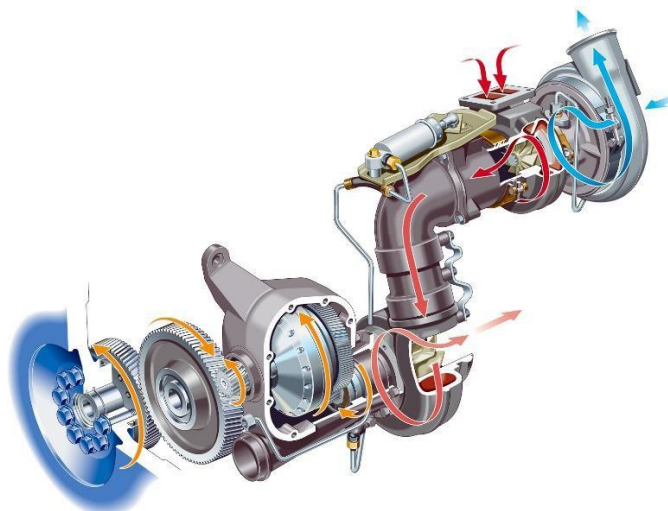


Рисунок 1 - Общий вид системы турбокомпаунда

1) Выхлопные газы с температурой около 600 °С поступают в турбину наддува, раскручивая её до 70000 об/мин.

2) Турбина, установленная на вал системы, передает вращение на центробежный компрессор турбонаддува, который нагнетает воздух во впускной коллектор для приготовления горючей смеси.

3) Выхлопные газы покидают турбонаддув, потеряв там около 100 °С.

4) Отработавшие газы, сохраняя высокую температуру, поступают в силовую турбину турбокомпаунда, раскручивая её примерно до 55000 об/мин.

5) Вращение силовой турбины передается через понижающую передачу и гидравлическую муфту на маховик двигателя.

6) Температура газов на выходе из турбокомпаунда также снижается примерно на 100 °С. Выхлопные газы отводятся через систему выпуска.

Современный дизельный двигатель уже включает в себя две турбины. Это газовая и компрессорная (центробежный компрессор) турбины турбонаддува посаженные на один вал. При компаундировании двигатель комплектуется третьей – силовой (компаунда). Система турбокомпаунда не вносит конструктивных изменений в основу двигателя, а является навесным оборудованием. Это позволяет устанавливать или доустанавливать её практически на все современные дизельные моторы. В условиях рынка данная возможность создаёт предложение по увеличению мощности двигателя, а спрос на повышение удельной мощности силового агрегата у аграриев и предпринимателей был и есть всегда [7].

Дизельный двигатель с технологией турбокомпаундирования. Впервые данная технология появилась на дизельном двигателе компании Scania «DTC11». Данный двигатель имел рабочий объем 11 литров и развивал мощность 400 л.с. Он получился неудачным, однако следующая его модификация-«Scania DT 12 02» (рис. 2) перешла на новую ступень развития дизельных силовых агрегатов как в плане надёжности, так и мощностных показателях. Максимальная мощность «DT 12 02» достигает 470 л. с. при рабочем объеме 12 л, что на 50 л.с. больше, чем у аналога без технологии турбокомпаунда (прирост составил около 12%). С повышением данных показателей растёт и коэффициент полезного действия. У дизельных двигателей с турбонаддувом КПД составляет около 40%, а у турбокомпаундного мотора- 46% [8].

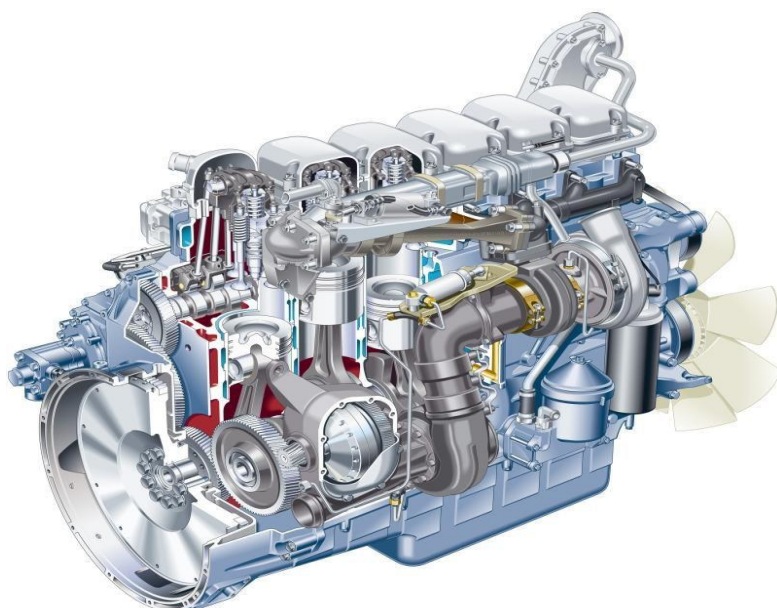


Рисунок 2 - Двигатель Scania «DC 12 02» с использованием технологии турбокомпаунда

Заключение. В настоящее время инженеры взяли в разработку систему турбокомпаунда и активно модернизируют её. Проводится достаточно много испытаний и исследований в данном направлении двигателестроения. Многие зарубежные фирмы заинтересованы в использовании данного агрегата на своих двигателях и технике. Повышение мощности примерно на 12% в совокупности со снижением расхода топлива и повышением ресурса двигателя вполне оправдывают установку данной системы на дизельные силовые агрегаты. На данном этапе инженерам удалось извлечь дополнительную мощность из скрытых ресурсов, казалось бы, досконально изученного дизельного двигателя, но в дальнейшем имеющиеся результаты можно будет превзойти с помощью использования двух турбин вместо одной или ступенчатой передачи крутящего момента на маховик и коленчатый вал.

Список использованных источников

1. Мазиров М. А. ПАР // Большая российская энциклопедия. Том 25. Москва, 2014, стр. 271.
2. Кривцов С.Н. Обоснование диагностических параметров дизельного двигателя при диагностировании дизельного двигателя динамическим методом в режиме холостого хода / С. Н. Кривцов, Д.А. Сосненко // Автомобиль для Сибири и Крайнего Севера: конструкция, эксплуатация, экономика: 90-я Международная научно-техническая конференция Ассоциации автомобильных инженеров в ИРНИТУ, Иркутск, 09–10 апреля 2015 года. – Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2015. – С. 64-71.
3. Nekryach A.P. Improving the environmental performance of diesel engines / A. P. Nekryach, S. S. Mashkova // 2021. – P. 896-898. – EDN TEWGLU.
4. Патент №2006125423/11 от 2004.11.27. УСТРОЙСТВО ПЕРЕДАЧИ ПРИВОДНОГО УСИЛИЯ С ПОМОЩЬЮ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ РЕВЕРСИВНОЙ МУФТЫ.
5. ГОСТ Р 53637-2009 «ТУРБОКОМПРЕССОРЫ АВТОТРАКТОРНЫЕ»
6. Устинов А.Н. Сельскохозяйственные машины, 2-е издание, М.: ИППО; «Академия», 2000г.
7. Sidikov F. Ways to improve the environmental performance of diesel engines / F. Sidikov // Universum: технические науки. – 2022. – No 5-10(98). – P. 65-67. – EDN HXKPQR.
8. <https://autokombi.ru/chto-takoe-turbokompaund-i-dlya-chego-on-nuzhen.html> «Что такое турбокомпаунд и для чего он нужен?», 2022 г.