

ПРОБЛЕМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТУРБОКОМПРЕССОРОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Яицков И.А., Поляков П.А.

Ростовский государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на-Дону

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, система смазки турбокомпрессора, наддув.
Аннотация. Предложена классификация нагнетателей воздуха в цилиндро-поршневую систему двигателя. Согласно проведенному анализу конструкций современных турбокомпрессоров автомобилей и их условий работы, сформулирована проблема, которая заключается в системе смазки вала турбины при переходных работы. Намечены возможные пути решения сформулированной проблемы при дальнейших исследованиях в заданной области знания.

PROBLEMS AND DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF TURBOCHARGERS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Yaitskov I.A., Polyakov P.A.

Rostov State University of Railway Transport, Rostov-on-Don

Keywords: internal combustion engine, turbocharger lubrication system, boost.

Abstract. The classification of air blowers in the cylinder-piston engine system is proposed. According to the analysis of the designs of modern turbochargers of cars and their working conditions, a problem has been formulated, which consists in the lubrication system of the turbine shaft during transient operations. Possible ways of solving the formulated problem in further research in a given area of knowledge are outlined.

Существующие исследования [1-6], посвященные изучению характеристик системы смазки двигателей внутреннего сгорания ограничиваются только определением переходных режимов работы двигателя, что отражается на процессах устойчивой работы цилиндро-поршневой группы. Помимо контактирующих поверхностей в самом двигателе, имеются вспомогательные системы, такие как турбокомпрессор, которые имеют общую систему смазки совместно с ДВС. Данный узел, несмотря на использование в различных типах двигателей остается в настоящий момент мало исследованным.

Для выработки механической энергии двигателю внутреннего сгорания (ДВС) требуется топливо и воздух (кислород). Количество впрыскиваемого в двигатель топлива зависит от количества воздуха, всасываемого в цилиндры. В зависимости от способа попадания воздуха в цилиндры различают два основных типа двигателей внутреннего сгорания:

- 1) безнаддувные: в которых воздух всасывается в цилиндры за счет движения поршня, что создает объем при движении к нижней мертвой точке;
- 2) принудительная индукция: при которой воздух нагнетается в цилиндры компрессором.

Для двигателей без наддува давление всасываемого воздуха (всегда меньше атмосферного давления). На холостом ходу давление всасываемого воздуха составляет около 0,5 бар и приближается к 1,0 бар при полной нагрузке.

Для двигателей с наддувом диапазон давления всасываемого воздуха зависит от типа двигателя:

- бензиновый двигатель 1,5-2,5 бар при полной нагрузке;
- дизельный двигатель 2,5 бар при полной нагрузке.

Наддув всасываемого воздуха можно получить с помощью:

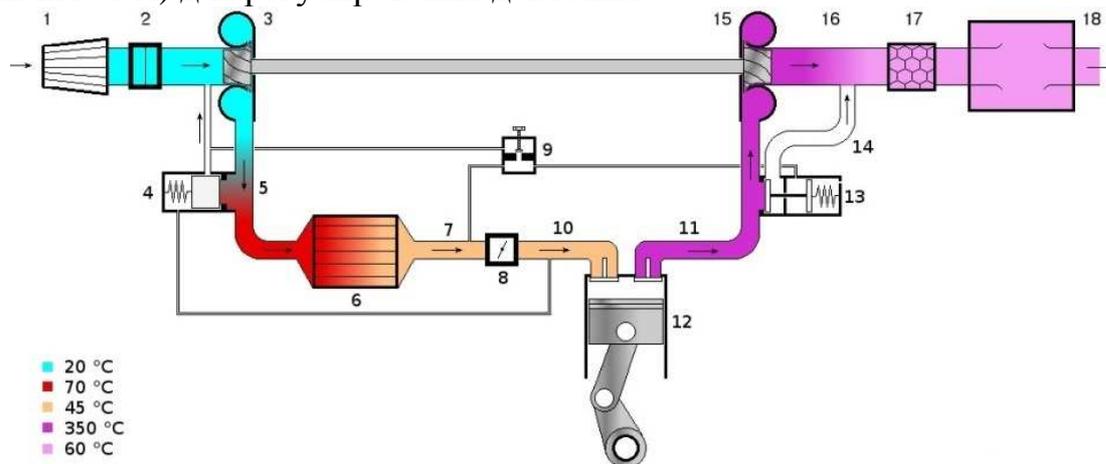
- компрессор приводится в движение коленчатым валом; нагнетатель и двигатель имеют прямую связь;
- турбокомпрессор, сочетающим компрессор и турбину в едином корпусе, которая приводится в движение потоком выхлопных газов;
- нагнетатель с волновым давлением, в котором компрессор приводится в движение выхлопными газами, но также существует потребность в механической связи между двигателем и компрессором.

Основное преимущество наддува состоит в том, что в двигатель может быть введено больше воздуха, что позволяет сжигать больше топлива, увеличивая удельную мощность двигателя внутреннего сгорания.

Двигатели с турбонаддувом используют турбокомпрессор для сжатия всасываемого воздуха. Самая простая схема – использование одноступенчатого турбонагнетателя фиксированной геометрии с ограничением давления наддува.

Существуют различные типы систем турбонаддува, классифицируемые по количеству ступеней повышения давления (одноступенчатый и двухступенчатый); по ограничению/контролю давления всасываемого воздуха (с ограничением давления; с контролем давления); по охлаждению сжатым воздухом (без и с интеркулером); по количеству витков турбины (одинарная спиральная и двухспиральная); по геометрии корпуса турбины (с фиксированной геометрией и с изменяемой геометрией).

На рисунке 1 представлен бензиновый двигатель с одноступенчатым турбонаддувом фиксированной геометрии с перепускным клапаном (ограничителем) для регулирования давления.



- 1 – воздушный фильтр; 2 – датчик массового расхода воздуха; 3 – компрессор; 4 – запорный клапан; 5 – наддувная труба; 6 – интеркулер; 7 – зарядная труба; 8 – дроссель; 9 – регулятор ограничения давления наддува; 10 – впускной коллектор; 11 – выхлопной коллектор; 12 – цилиндр; 13 – вестгейт; 14 – байпасный канал; 15 – турбина; 16 – сливная труба; 17 – каталитический нейтрализатор; 18 – глушитель

Рис. 1. Одноступенчатый турбонаддув фиксированной геометрии с перепускным клапаном (ограничителем) для регулирования давления

Компрессор и турбина механически связаны жестким валом. В конце цикла выпуска отработавшие газы выталкиваются из цилиндра через выпускной коллектор и через турбину. Поток выхлопных газов (кинетическая энергия) ударяет по лопастям турбины, заставляя ее вращаться. В то же время, имея фиксированное соединение, компрессор будет вращаться, сжимая всасываемый воздух во впускную наддувную трубу.

Сжатие воздуха повысит его температуру. Это явление нежелательно, потому что чем выше температура воздуха, тем ниже его плотность, а это означает, что для сгорания доступно меньше молекул воздуха. Для увеличения плотности всасываемого воздуха перед дроссельной заслонкой устанавливается промежуточный охладитель. Промежуточный охладитель представляет собой теплообменник, который охлаждает сжатый всасываемый воздух перед его поступлением в двигатель.

Давление наддува контролируется в двух случаях в режиме принудительного холостого хода или в режиме высокой скорости и при больших нагрузках. В обоих режимах происходит резкое изменение масляного клина между валом турбины и корпусом турбокомпрессора (рис. 2). В результате чего происходит масляное голодание и может привести к преждевременному износу поверхностей вала турбины.

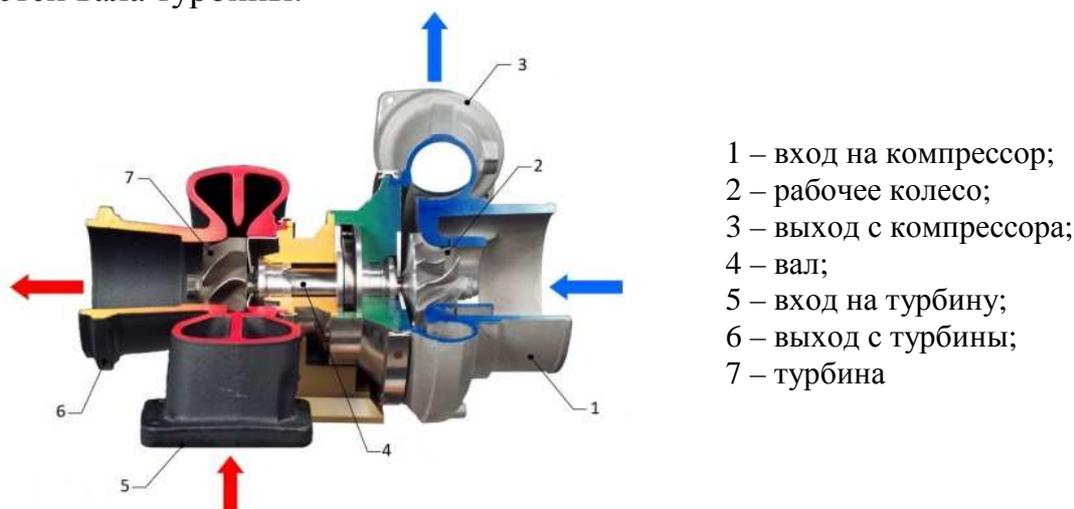


Рис. 2. Разрез турбокомпрессора и его устройство

Для недопущения наступления момента масляного голодания необходимо контролировать давление в системе смазки. На различных режимах работы турбокомпрессоров, могут возникать аварийные режимы, сопровождаемые резонансным изменением величины давления в системе смазки. Причем резонансные пики амплитуд колебания давления могут возникать как в виде повышения и понижения давления [7]. Одним из элементов сглаживающих данные колебания является масляный фильтр. За счет дросселирования масла через соты фильтра достигается частичная стабилизация работы [8].

При превышении давления или чрезмерной загрязненности фильтра, открывается редукционный клапан, за счет чего происходит перепуск неочищенного масла в масляную магистраль, тем самым появляется возможность избежать возникновения аварийной ситуации [9]. В случае падения давления, возникновение аварийных моментов неизбежна.

Для оценки параметров состояния системы смазки предлагается введение дополнительных датчиков давления, позволяющих оценивать состояние именно турбокомпрессора. В данном случае, это позволит нам определить производительность и работоспособность системы смазки, а так же эффективность работы масляного фильтра. В дальнейшем предложить корректирующий механизм по дополнительной маслоподаче непосредственно от нагнетательной магистрали масляного насоса. Аналогично проводимым исследованиям для системы смазки двигателей внутреннего сгорания необходимо:

- собрать статистическую информацию об переходных режимах работы системы смазки турбокомпрессоров двигателей внутреннего сгорания;
- разработать математическую модель функционирования системы смазки турбокомпрессора;
- сформулировать критерии оценки работы системы смазки турбокомпрессора двигателей внутреннего сгорания;
- разработать рекомендации по совершенствованию функционирования системы смазки турбокомпрессора.

Список литературы

1. Шевцов Ю.Д. Разработка способа повышения надежности ДВС путем контроля и управления гидравлическими параметрами системы смазки / Ю.Д. Шевцов, Е.С. Федотов, П.А. Поляков, Д.В. Кроква // Механика, оборудование, материалы и технологии: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО "Кубанский государственный технологический университет". Краснодар: КубГТУ, 2018. С. 728-733.
2. Шевцов Ю.Д. Определение опасных режимов работы силовых агрегатов по параметрам системы смазки / Ю.Д. Шевцов, Е.С. Федотов, П.А. Поляков, А.В. Воленко // Механика, оборудование, материалы и технологии: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО "Кубанский государственный технологический университет". Краснодар: КубГТУ, 2018. С. 734-737.
3. Шевцов Ю.Д. Исследование, оценка и выбор параметров технического состояния двигателей при их контроле и прогнозировании / Ю.Д. Шевцов, В.А. Атрощенко, Л.Н. Дудник, Д.А. Горохов, Е.С. Федотов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 104. С. 1057-1076.
4. Шевцов Ю.Д. Предотвращение аварийных ситуаций на ДВС путем управления параметрами его работы / Ю.Д. Шевцов, Ю.А. Кабанков, Е.С. Федотов, А.Б. Фурсина // VI Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 55-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Краснодар: КВВАУЛ им. А.К. Серова, 2016. С.234-237.
5. Шевцов Ю.Д. Определение периодичности технического обслуживания двигателей внутреннего сгорания по значению параметров систем смазки / Ю.Д. Шевцов, Ю.А. Кабанков, Е.С. Федотов // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». 2014. № S6. С. 348-353.
6. Атрощенко В.А. К вопросу использования динамических характеристик фильтра для диагностики и прогнозирования технического состояния двигателя внутреннего сгорания / В.А. Атрощенко, Ю.Д. Шевцов, Е.С. Федотов, Ю.А. Кабанков // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского: материалы V Международной научно-практической конференции. Краснодар: Изд-во ООО "Издательский Дом - Юг", 2015. С. 297-300.
7. Федотов, Е.С. Способ повышения надежности и ресурса ДВС / Е.С. Федотов, П.А. Поляков, Ю.Д. Шевцов, Р.С. Тагиев // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского:

материалы V Международной научно-практической конференции. Краснодар: Изд-во ООО "Издательский Дом - Юг", 2020. С. 497-501.

8. Федотов, Е.С. Влияние различных нагрузочных режимов на стабильность работы системы смазки двигателя / Е.С. Федотов, Н.А. Вольченко, Ю.Д. Шевцов, П.А. Поляков, Р.С. Тагиев // Механика, оборудование, материалы и технологии: материалы международной научно-практической конференции. Краснодар: КубГТУ, 2019. С. 764-778.
9. Федотов Е.С. Влияние степени загрязнения масляного фильтра на параметры работы системы смазки / Е.С. Федотов, Ю.Д. Шевцов, П.А. Поляков, Р.С. Тагиев, Ф.А. Дзюба // Механика, оборудование, материалы и технологии: материалы международной научно-практической конференции. Краснодар: КубГТУ, 2019. С. 784-792.

Сведения об авторах:

Ящков Иван Анатольевич – д.т.н., доцент, декан электромеханического факультета, РГУПС, Ростов-на-Дону;

Поляков Павел Александрович – к.т.н., доцент, ведущий научный сотрудник научно-производственного центра «Охрана труда», РГУПС, Ростов-на-Дону.