

## **ВИДЫ СИСТЕМ РЕЦИРКУЛЯЦИИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДВС**

**Сумбаев А.И., студент 3 курса инженерного факультета,  
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ**  
**Куватов И.Р., студент 3 курса факультета лётной эксплуатации и  
управления воздушным движением, ФГБОУ ВО УИГА**  
**Научный руководитель – Марьин Д.М.,  
кандидат технических наук  
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ**

***Ключевые слова:** двигатель, отработавшие газы, рециркуляция, клапан, заслонка*

*В данной статье рассмотрены виды систем рециркуляции отработавших газов, которые предназначена для снижения в отработавших газах оксидов азота за счет возврата части газов во впускной коллектор и далее в цилиндры двигателя.*

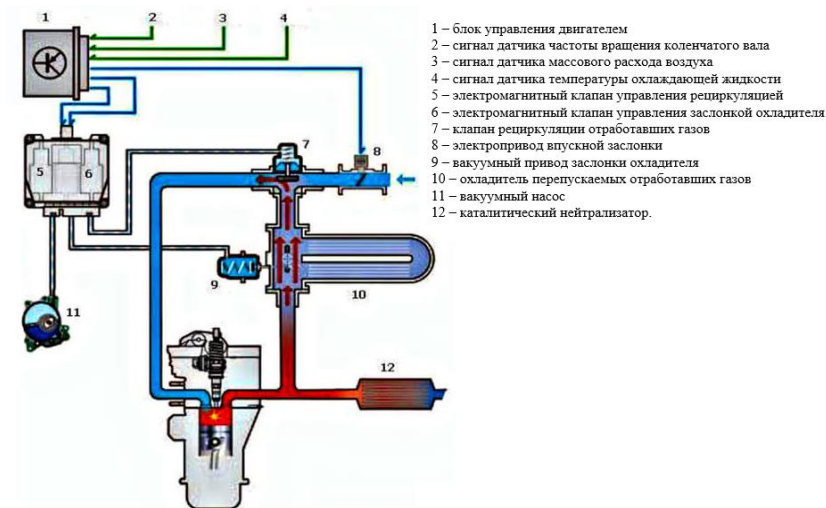
Отработавшие газы, образующиеся при сгорании топливовоздушной смеси в двигателе внутреннего сгорания, содержат загрязняющие вещества, такие как оксид углерода (СО), оксиды азота (NO<sub>x</sub>), углеводороды (НС) и твердые частицы (PM) [1].

В соответствии с различными требованиями, выдвигаемыми стандартами, отслеживающими токсичность отработавших газов (ОГ), применяется система рециркуляции ЕГР (EGR — ExhaustGasRecirculation), призвана снизить уровень оксидов азота.

В зависимости от требований стандарта токсичности ОГ, на двигателях применяются различные схемы системы рециркуляции ОГ: высокого давления, низкого давления и гибридная (комбинированная) система рециркуляции.

Система рециркуляции отработавших газов с высоким давлением устанавливается на двигателях, которые соответствуют требованиям Евро 4 и заключается в том, чтобы отвести часть ОГ прямо из выпускного коллектора и подать их в канал перед впускным

коллектором. Осуществляется эта процедура при помощи специального клапана с электрическим или пневматическим приводом, который и пропускает необходимое количество газов. Количество перепускаемых газов регулируется с помощью системы управления двигателем, которая одновременно управляет дроссельной заслонкой и клапаном рециркуляции. Клапан EGR не работает на холостом ходу, при холодном двигателе, а также при полностью открытой дроссельной заслонке. При закрытой дроссельной заслонке во впускном коллекторе давление снижается, в результате чего создается более высокое разрежение. Это приводит к увеличению поступающего потока ОГ. С другой стороны, уменьшается интенсивность турбонадува, поскольку на турбину поступает меньше отработавших газов.



**Рис. 1 – Система рециркуляции отработавших газов с высоким давлением**

Данная система имеет высокие показатели быстродействия газового контура рециркуляции. Кроме того, поскольку выхлопной газ смешивается с всасываемым воздухом после турбокомпрессора, твердые частицы не попадают на колесо компрессора и не разрушают его. Однако охладитель перепускаемых ОГ при этом должен

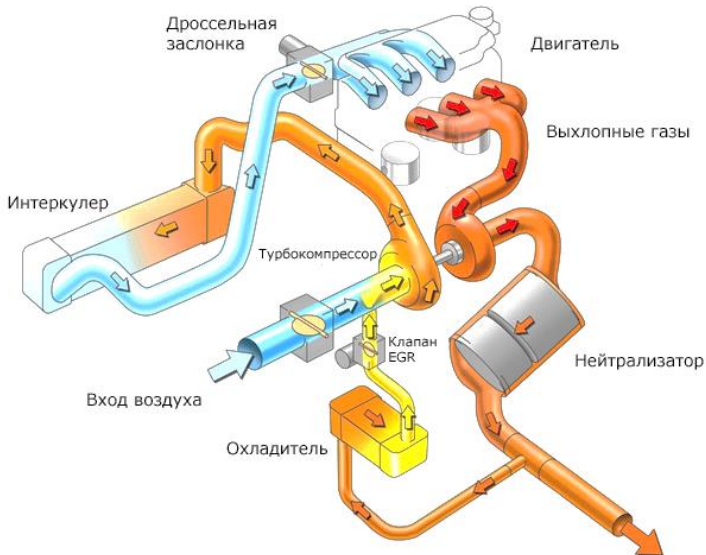
выдерживать разрушительное воздействие высокого давления и высокой температуры отработавших газов. На отдельных двигателях в EGR применяется охлаждение ОГ путем прохождения их через охладитель ОГ. Вследствие этого дополнительно снижается температура сгорания в цилиндрах и, тем самым, уменьшается образование оксидов азота.

Система рециркуляции отработавших газов с низким давлением более совершенна, она устанавливается на дизельный двигатель, отвечающим нормам Евро 5. Особенностью этой системы является то, что отработавшие газы удаляются за сажевым фильтром (нейтрализатором). Затем газы поступают в рециркуляционный охладитель для дальнейшего охлаждения. Следующим этапом является прохождение газов через клапан EGR, турбокомпрессор и проникновение во впускной коллектор (рис. 2).

Такая система обеспечивает снижение температуры ОГ, содержания сажевых элементов и, в конечном счете, меньшее содержание оксидов азота в выхлопе. Помимо этого, все отработавшие газы проходят через турбонагнетатель, позволяя этой системе рециркуляции работать эффективно без снижения давления наддува и без потери мощности. Из-за более низких температур EGR низкого давления более эффективна в снижении выбросов NOx по сравнению с системой высокого давления.

Однако у системы с низким давлением есть и недостаток – более высокая инерционность газов, поскольку все воздухопроводы и компоненты расположены относительно далеко от двигателя и не могут быстро реагировать на изменение скорости рециркуляции ОГ.

В современных двигателях по стандарту Евро 6 используется комбинированная система рециркуляции, которая представляет собой сочетание систем высокого и низкого давлений, каждая из которых имеет собственный клапан рециркуляции. В обычном режиме эта схема работает по каналу низкого давления, а при повышенной нагрузке подключается канал рециркуляции высокого давления.



**Рис. 2 – Система рециркуляции отработавших газов с низким давлением**

Недостаток двухконтурной EGR – высокая стоимость, сложность и для нее требуется большее пространство для размещения (обусловленные большим количеством компонентов), а также потенциальными проблемами с управлением скоростью рециркуляции ОГ в зависимости от режима работы двигателя. Алгоритм управления становится довольно сложным, поскольку необходимо управлять несколькими исполнительными механизмами (клапаном рециркуляции ОГ высокого/низкого давления, дроссельной заслонкой на впуске/выпуске и лопатками турбины/перепускным клапаном) для подачи необходимого количества воздуха и ОГ в цилиндры на различных режимах.

#### **Библиографический список:**

1. Прошкин, Е.Н. Периодичность воздействий при обслуживании машин / Е.Н. Прошкин, В.Е. Прошкин, Д.М. Марьин // *Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути*

их решения. Материалы XI Международной научно-практической конференции. – Ульяновск, ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, 2021. – С. 175-184.

## **TYPES OF EXHAUST GAS RECIRCULATION SYSTEMS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES**

**Sumbayev A.I., Kuvatov I.R.**

***Keywords:*** engine, exhaust gases, recirculation, valve, damper

*This article discusses the types of exhaust gas recirculation systems that are designed to reduce nitrogen oxides in the exhaust gases by returning part of the gases to the intake manifold and further into the engine cylinders.*