

ФПМ из медных порошков, могут быть использованы для очистки неагрессивных газов и жидкостей, в различных конструкциях масло- влагоотделителей для удаления капельной влаги, для очистки природного газа, сжатого воздуха от механических частиц, аэрозольной и капельной влаги, для очистки смазочных материалов, гидравлических жидкостей, для обеззараживающей очистки воздуха и воды от вредных микроорганизмов в системах кондиционирования и водоподготовки. В ходе научных исследований авторами [5] было доказано, что медь уничтожает наиболее токсичные виды бактерий, грибков и вирусов: акинетобактерия бауманна (*Acinetobacter baumannii*); черная плесень (*Aspergillus niger*); кампилобактер (*Campylobacter jejuni*); аэробактер (*Enterobacter aerogenes*); хеликобактер пилори (*Helicobacter pylori*); легионелла (*Legionella pneumophila*); МРС3 (в том числе E-МРС3); синегнойная палочка (*Pseudomonas aeruginosa*); золотистый стафилококк (*Staphylococcus aureus*); энтерококк, устойчивый к ванкомицину (*Enterococcus faecali*); аденовирус; грибок кандиды (*Candida albicans*); клостридиум диффициле (*Clostridium difficile*); кишечная палочка (*Escherichia coli* O157:H7); вирус гриппа типа А (H1N1); листерия моноцитогенная (*Listeria monocytogenes*); полиовирус; сальмонелла (Бацилла Гартнера – *Salmonella enteritidis*); туберкулезная бацилла (*Tubercle bacillus*).

#### Список литературы

1. Капцевич, В.М. Проницаемые материалы из металлических волокон: свойства, технологии изготовления, перспективы применения / В.М. Капцевич, А.Г. Косторнов, В.К. Корнеева, Р.А. Кусин. – Минск : БГАТУ, 2013. – 380 с.
2. Косторнов, А.Г. Материаловедение дисперсных и пористых металлов и сплавов / А.Г. Косторнов. – Т.1. Киев: Наукова думка, 2002. – 576 с.
3. Косторнов, А.Г. Проницаемые металлические волокновые материалы / А. Г. Косторнов. – Киев: Техника, 1983. – 123 с.
4. Шрейбер, Г.К. Конструкционные материалы в нефтяной, нефтехимической и газовой промышленности / Г.К. Шрейбер, С.М. Перлин, Б.Ф. Шибряев. – М.: «Машиностроение», 1969. – 396 с.
5. Karpanen, T.J. The antimicrobial efficacy of copper alloy furnishing in the clinical environment : a crossover study. / T.J. Karpanen et al. // Infection Control and Hospital Epidemiology. – 2012. – Vol. 33. – № 1. – P. 3–9.

УДК 631.3-6

#### ГЕНЕРАЦИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В МОТОРНОМ МАСЛЕ ДВИГАТЕЛЯ Д-243

*Рыхлик Антон Николаевич, студент*

*Зыков Никита Дмитриевич, студент  
Корнеева Валерия Константиновна, науч. рук., к.т.н.  
Закревский Игорь Владимирович, науч. рук., ст. преп.  
УО Белорусский ГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация:** проведен анализ источников поступления металлических частиц загрязнений из трибосопряжений в моторное масло двигателя Д-243.

**Ключевые слова:** центробежная очистка, моторное масло, частицы загрязнений, время осаждения

Работа современных сельскохозяйственных машин и механизмов немислима без использования смазочных материалов, которые выполняют следующие функции:

- снижают потери на трение при любых самых напряженных режимах работы машин за счет создания на поверхностях трущихся пар прочной масляной пленки;
- уменьшают износ деталей, обеспечивая в сопряжениях жидкостное трение;
- постоянно и эффективно отводят тепло из зоны трущихся сопряжений и нагреваемых деталей;
- защищают детали от коррозии;
- удаляют с трущихся поверхностей деталей продукты износа и другие загрязнения;
- препятствуют прорыву рабочей смеси и продуктов сгорания в картеры двигателей.

Однако в процессе работы под воздействием высоких температур и давлений, при контактировании с металлическими поверхностями, водой, топливом и воздухом в смазочных материалах происходит процесс непрерывного накапливания загрязнений, приводящий к постепенному ухудшению и потере ими необходимых эксплуатационных свойств – масло подвергается старению. Природа этих загрязнений связана с последствиями износа трущихся деталей, попаданием пыли при всасывании воздуха, разложением и окислением масла в зоне высоких температур и при контактировании с кислородом воздуха, попаданиями продуктов неполного сгорания топлива и др. Накапливание загрязнений отрицательно сказывается на работоспособности узлов и агрегатов, приводит к преждевременному износу ответственных и дорогостоящих деталей и, как следствие, к увеличению расхода топлива и смазочных материалов.

При работе двигателя в его систему смазки (рис. 1) поступают продукты износа, тождественные по химическому составу конструкционным материалам деталей трения и, следовательно, несущие определенную информацию об интенсивности их изнашивания. Определив в смазочном

масле концентрацию характерных химических элементов, входящих в состав трущихся сопряжений, можно осуществить оценку интенсивности изнашивания узлов и деталей двигателя.

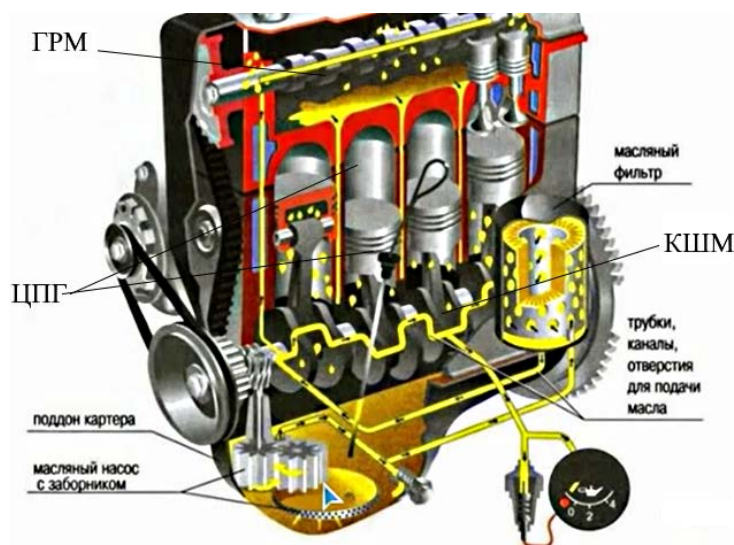


Рис. 1. Схема смазочной системы двигателя

Наибольшему износу деталей двигателя подвержены трибосопряжения цилиндро-поршневой группы (ЦПГ), кривошипно-шатунного механизма (КШМ) и газораспределительного механизма (ГРМ) (см. рис. 1).

Среди деталей ЦПГ (рис. 2) базовой модели дизельного двигателя Д-243, устанавливаемого на трактор Беларусь 80.1, износу наиболее подвержены поршневые кольца, поршень, вкладыши шатунных подшипников, гильзы цилиндров.



Рис. 2. Детали ЦПГ двигателя Д-243: 1 – поршневые кольца; 2 – поршень; 3 – уплотнительные кольца гильзы цилиндра; 4 – гильза цилиндра; 5 – стопорное кольцо поршневого пальца; 6 – поршневой палец

Основными деталями КШМ дизеля Д-243 являются: коленчатый вал, поршневая группа, поршневые кольца и пальцы, шатуны, маховик, шатунные и коренные вкладыши подшипников (рис. 3).

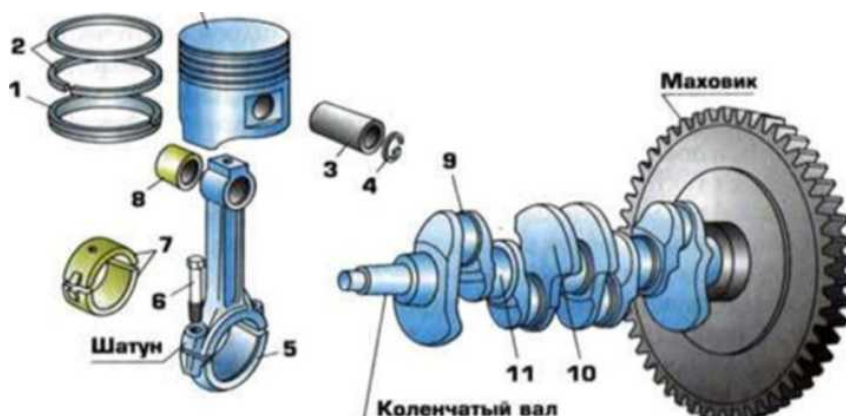


Рис. 3. Детали кривошипно-шатунного механизма: 1 – маслоъемное кольцо; 2 – компрессионные кольца; 3 – поршневой палец; 4 – стопорное кольцо; 5 – крышка шатуна; 6 – болт; 7 – вкладыши; 8 – втулка; 9 – шатунная шейка; 10 – противовес; 11 – коренная шейка

ГРМ двигателя Д-243 предназначен для своевременного впуска в цилиндры двигателя воздуха или горючей смеси и выпуска отработанных газов и состоит из шестерен, распределительного вала, впускных и выпускных клапанов, соединительных и передающих движение деталей (рис. 4).

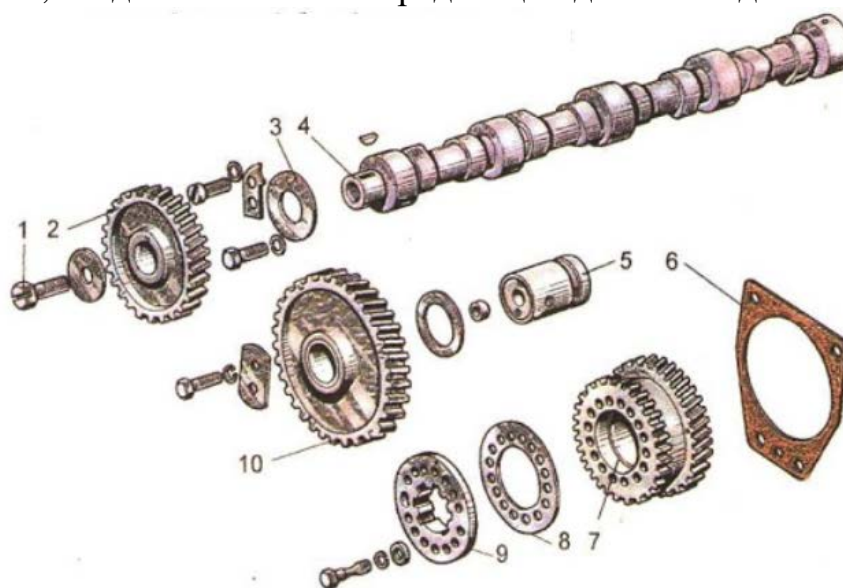


Рис. 4. ГРМ двигателя Д-240: 1 – болт; 2 – шестерня привода распределительного вала; 3 – шайба; 4 – распределительный вал; 5 – палец; 6 – прокладка; 7 – шестерня привода топливного насоса высокого давления; 8 – упорное кольцо; 9 – фланец

Зная из какого материала выполнены детали трибосопряжений двигателя можно судить о их износе по анализу проб моторного масла. В таблице представлены металлы из которых изготовлены детали двигателя и их предельное допустимое количество в моторном масле.

Таблица 1 – Металлические продукты износа в моторном масле [1]

Металл	Источник продуктов износа	Предельное допустимое значение, ppm (мг/кг)
Железо	Блок цилиндров, головка блока цилиндров, клапаны, толкатели и направляющие клапанов, коленчатый, распределительный и коромысловый валы, поршневой палец, масляный насос	80–180
Хром	Поршневые кольца, подшипник качения, опора коленчатого вала, выпускные клапаны, уплотнительные элементы, направляющие втулки, режущие подшипники скольжения	4–26
Алюминий	Поршни, режущий блок цилиндров, корпус масляного насоса, масляный радиатор, направляющие втулки, алюминиевые опоры подшипников скольжения	12–55
Медь	Основной компонент латуни и бронзы, масляный насос, масляный радиатор, шатунные подшипники, подшипники поршневого пальца и коромыслового вала, маслостойкие диски	25–60
Свинец	В большинстве случаев вместе с оловом и медью, свинцовка, шатунные подшипники, слои заливки во вкладышах подшипников, присадки, добавленные к маслу	10–30
Олово	В большинстве случаев вместе со свинцом, слои заливки во вкладышах шатунных подшипников, подшипники коромысловых валов и поршневых пальцев, оловосвинцовый припой, места спайки на радиаторе	12–24
Никель	Выпускные клапаны, направляющие клапанов, легирующий компонент высокопрочных зубчатых колес, таких как в случае клапанного распределения или системы распределения в топливном насосе	1–3

Таким образом, определив в моторном масле концентрацию характерных химических элементов, входящих в состав трущихся сопряжений, можно осуществить оценку интенсивности изнашивания деталей двигателя.

### Список литературы

1. Металлы в отработанном моторном масле. Сколько считать нормой? // Гараж 504/507 [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://504507.ru/garage/oiltest/13-metally-v-otrabotannom-motornom-masle-skolko-schitat-normoj.html>.