

Короткова И.А.

студент, Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Мерчалов С.В.

кандидат техн. наук, доцент кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Снятков Е.В.

кандидат техн. наук, доцент, кафедры производства, ремонта и эксплуатации машин Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Прядкин В.И.

доктор техн. наук, профессор кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Korotkova I.A.

student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Merchalov S.V.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Snyatkov E.V.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Production, Repair and Operation of Machinery, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Pryadkin V.I.

Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДУХООЧИСТИТЕЛЯ ДВИГАТЕЛЯ КАМАЗ-740 ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ФИЛЬТРУЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА ИЗ ПОРИСТОЙ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ (ПНС) И БУМАЖНОГО ФИЛЬТРА ДФВ 5801

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF THE KAMAZ-740 ENGINE AIR PURIFIER WHEN USING A POROUS STAINLESS STEEL (PNS) FILTER ELEMENT AND A DFV 5801 PAPER FILTER

Аннотация. Приводится анализ лабораторных исследований работы серийного фильтрующего элемента воздухоочистителя (ВО) двигателя КАМАЗ-740 с фильтрующим элементом бумажного серийного (БФЭ) 740-1109560-02 типа ДФВ 5801 и из пористой нержавеющей стали марки ПНС-6 от запыленности воздуха. Анализ проведенных исследований показал, что удельная пылеемкость ВО с БФЭ типа ДФВ 5801 составляет в пределах 150 г/м², для ФЭ из пористой нержавеющей стали марки ПНС-6 составила 410 г/м². Фильтрующий элемент из пористой нержавеющей стали превосходит по удельной пылеемкости бумажный в 3...4 раза. Его можно не однократно обслуживать, по сравнению с бумажным серийным (БФЭ).

Abstract. The analysis of laboratory studies of the operation of the serial filtering element of the KAMAZ-740 engine air purifier with a paper filter element of serial (BFE) 740-1109560-02 type DFV 5801i made of porous stainless steel PNS-6 against air dust is presented. An analysis of

the conducted studies showed that the specific dust capacity of CFPE of the DFV 5801 type is in the range of 150 g/m², for FE made of porous stainless steel PNS–6 was 410...630 g/m². The filter element made of porous stainless steel is 3...4 times higher in specific dust capacity than paper. It can be serviced more than once, compared to paper serial (BFE).

Ключевые слова: воздухоочиститель, фильтрующий элемент, гидравлическое сопротивление, пылеемкость, пористая нержавеющая сталь (ПНС), бумажный серийный (БФЭ).

Keywords: air purifier, filter element, hydraulic resistance, dust capacity, porous stainless steel (PNS), paper serial (BFE).

Введение

Воздушная среда, в которой работают двигатели современных грузовых автомобилей (рис.1 и рис.2) и тракторов (рис.3 и рис. 4), содержит значительное количество минеральной пыли, влаги и химических соединений, образующихся в результате выбросов отработанных газов, таких как сажа (рис.5 и рис. 6) и другие загрязнители.



Рисунок 1 – Работа грузового автомобиля в песчаном карьере



Рисунок 2 – Движение грузового автомобиля по проселочной дороге



Рисунок 3 – Работа трактора при культивации пара почвы



Рисунок 4 – Работа трактора при посеве с/х культур

Несоблюдение рекомендованных сроков замены фильтрующих элементов в системе очистки воздуха может привести к ряду серьезных эксплуатационных проблем. В частности, это может вызвать повышенный износ трущихся деталей двигателя, сбои в работе топливных форсунок, заметное снижение мощности, увеличение расхода топлива и сокращение срока службы двигателя. Уровень концентрации взвешенных частиц в воздушной среде при выполнении разнообразных видов работ, а также в зависимости от почвенно-климатических характеристик в зонах работы воздушных фильтров системами воздушной очистки (ВО), демонстрирует значительный разброс значений. Данный параметр варьируется в пределах от 0,03 г/м³ до 5 г/м³.

На рисунках 5 и 6 показаны образцы пыли с сажей, собранные с фильтрующих элементов автомобиля КАМАЗ-740 и трактора ДТ-75. На изображениях можно увидеть конгломерат пыли, представленный в виде чёрного пятна, который связан сажевыми частицами. Это значительно увеличивает адгезию частиц к фильтрующему элементу и приводит к более быстрому росту его сопротивления.



Рисунок 5 – Пыль с сажей на фильтре при движении автомобиля КАМАЗ-740 по проселочной дороге

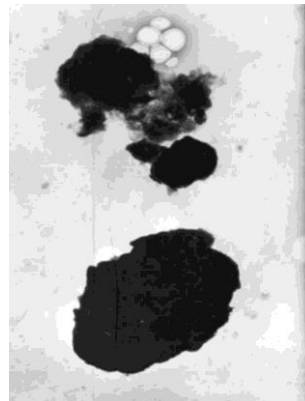


Рисунок 6 – Пыль с сажей на фильтре при культивировании пара трактором ДТ-75

Воздушный фильтр, ключевой элемент системы питания двигателя, предназначен для обеспечения оптимальной чистоты поступающего воздуха.

Главная задача воздушного фильтра – обеспечить максимальную очистку забираемого из окружающей среды воздуха:

- он должен эффективно улавливать частички пыли, песка, сажи и др.;
- минимизировать сопротивление потоку, обеспечить достаточную пропускную способность.

- коэффициент пропускания взвешенных частиц не более 1 %. То есть они способны улавливать до 99 % пыли и других включений;

- сопротивлением воздушному потоку на уровне 0,6 %.
- предельно допустимым сопротивлением – не более 50 кПа;
- длительным сроком службы с сохранением эксплуатационных показателей и целостности.

В воздухоочистителях, предназначенных для двигателей грузовых автомобилей КАМАЗ, преимущественно используются фильтрующие элементы, изготовленные из бумаги марок БФВ-105П и БФВ-145П, а также картонные материалы ПКВ и КФ. Эти компоненты демонстрируют высокую эффективность в процессе очистки воздуха на протяжении приблизительно 10 000 километров пробега транспортного средства, после чего рекомендуется их замена. Однако следует учитывать, что при воздействии неблагоприятных факторов, таких как попадание влаги, сажевых частиц или масла, эксплуатационные характеристики данных фильтрующих элементов могут значительно ухудшиться, что приведет к преждевременному выходу их из строя и невозможности выполнения ими своих функциональных задач в течение установленного срока службы.

В системах фильтрации воздуха для двигателей грузовых автомобилей КАМАЗ чаще всего применяются фильтрующие элементы, изготовленные из бумаги марок БФВ-105П и БФВ-145П, а также из картонных материалов ПКВ и КФ. Эти компоненты обеспечивают эффективную очистку воздуха на протяжении примерно 10 000 километров пробега автомобиля. После этого срока их необходимо заменить. Однако стоит учитывать, что при воздействии неблагоприятных условий, таких как попадание влаги, сажи или масла, эксплуатационные характеристики этих фильтров могут значительно ухудшиться. Это может привести к их преждевременному выходу из строя и утрате способности выполнять свои функции в течение установленного срока службы.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью испытаний было сравнительное изучение эффективности различных фильтрующих материалов в условиях, максимально приближенных к реальным эксплуатационным. В ходе экспериментов оценивались такие параметры, как пропускная способность фильтров и их пылеемкость.

Для детального анализа и оценки эксплуатационных характеристик были проведены лабораторные испытания фильтрующих элементов. В исследовании участвовали два типа фильтров: бумажный серийный 740-1109560-02, предназначенный для использования в дизельных двигателях КамАЗ-740, и экспериментальный пористый фильтр из нержавеющей стали ПНС-6. Эксперименты

проводились на специализированном безмоторном стенде для испытаний воздухоочистителей, что позволило минимизировать влияние внешних факторов и обеспечить воспроизводимость результатов.

Результаты испытаний показали, что бумажный фильтр 740-1109560-02 демонстрирует высокую степень очистки воздуха и эффективно задерживает мелкодисперсные частицы, однако его пропускная способность может снижаться при высоких нагрузках. Пористый фильтр из нержавеющей стали ПНС–6, напротив, обладает более высокой пропускной способностью, что делает его предпочтительным выбором для систем с высокими требованиями к производительности. Однако, как показал анализ, он менее эффективен в удалении мелкодисперсных частиц и может быстрее засоряться в условиях эксплуатации с высокой концентрацией пыли и сажи.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Фильтр воздушный, бумажный ДФВ 5801 (рис.6), фильтрующий элемент из ПНС (рис. 7).



Рисунок 6 – Фильтр воздушный, бумажный ДФВ 5801



Рисунок 7 – Фильтрующий элементы из ПНС –6 трубчатого типа после исследований

МЕТОДИКА И ОБОРУДОВАНИЕ

Воздухоочистители испытывали на безмоторном стенде. Методика испытания и оборудование стенда изложены в работе [2].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Фильтр воздушный, бумажный ДФВ 5801. Анализ данных, представленных на рисунке 3, демонстрирует, что в интервале времени с 3 до 10 часов функционирование фильтра характеризовалось значительной вариативностью показателей в рамках нормативных требований ГОСТ. В этот период фильтр достигал пиковой эффективности в процессах воздухоочистки, что обусловлено механизмами адсорбции частиц пыли на волокнистой структуре фильтрующего элемента, приводящими к уменьшению эффективных размеров пор бумаги. В результате на поверхности фильтра формируется дополнительный фильтрующий слой, который, взаимодействуя с поступающими загрязняющими частицами, способствует их самоочищению посредством движения слоев пыли по поверхности фильтрующего материала. Таким образом, для достижения максимальной эффективности фильтра требуется определенный временной интервал для стабилизации работы и формирования оптимального фильтрующего слоя.

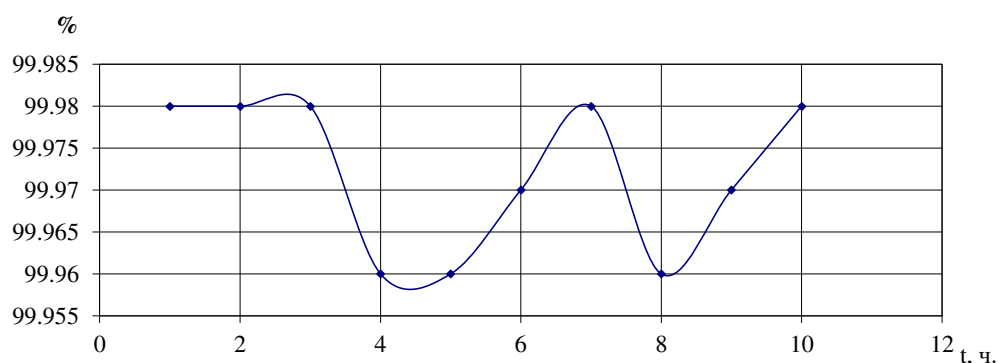


Рисунок 8 – Влияние времени работы фильтра ДФВ 5801 на эффективность очистки воздуха

Результаты испытаний воздухоочистителя (ВО) показывают, что удельная пылеемкость устройства составляет 150 г/м^2 для сухого пылевого слоя. В течение первых 10 часов эксплуатации эффективность очистки воздуха достигает 99,98%, что свидетельствует о высокой степени фильтрации и надежности работы системы.

Фильтрующий элемент из пористой нержавеющей стали марки ПНС-6.

В рамках настоящего исследования был изучен трубчатый фильтрующий элемент, изготовленный из пористой нержавеющей стали марки ПНС-6 (рис. 6). Конструктивно данный элемент представляет соединенные между собой по кругу цилиндрические трубки, обладающую высокой пористостью.

Процесс изготовления трубчатого фильтрующего элемента включает несколько этапов, начиная с подготовки исходных материалов и заканчивая финишной обработкой. Исходным материалом для производства служит пористая листовая нержавеющая сталь марки ПНС-6, обладающая высокой коррозионной стойкостью и механическими характеристиками. Листы данной марки подвергаются раскрою и формовке в цилиндрические заготовки, которые затем подвергаются контактной шовной сварке на специализированном оборудовании. Данная технология обеспечивает надежное соединение элементов и минимизирует вероятность образования дефектов сварного шва.

Заключительным этапом производственного процесса является финишная обработка трубчатого фильтрующего элемента, включающая механическую обработку поверхности и контроль качества сварных соединений. В результате получается высокопроизводительный фильтрующий элемент, обладающий оптимальными эксплуатационными характеристиками. Электронная структура пористой нержавеющей стали ПНС-6 представлена на рисунке 9.

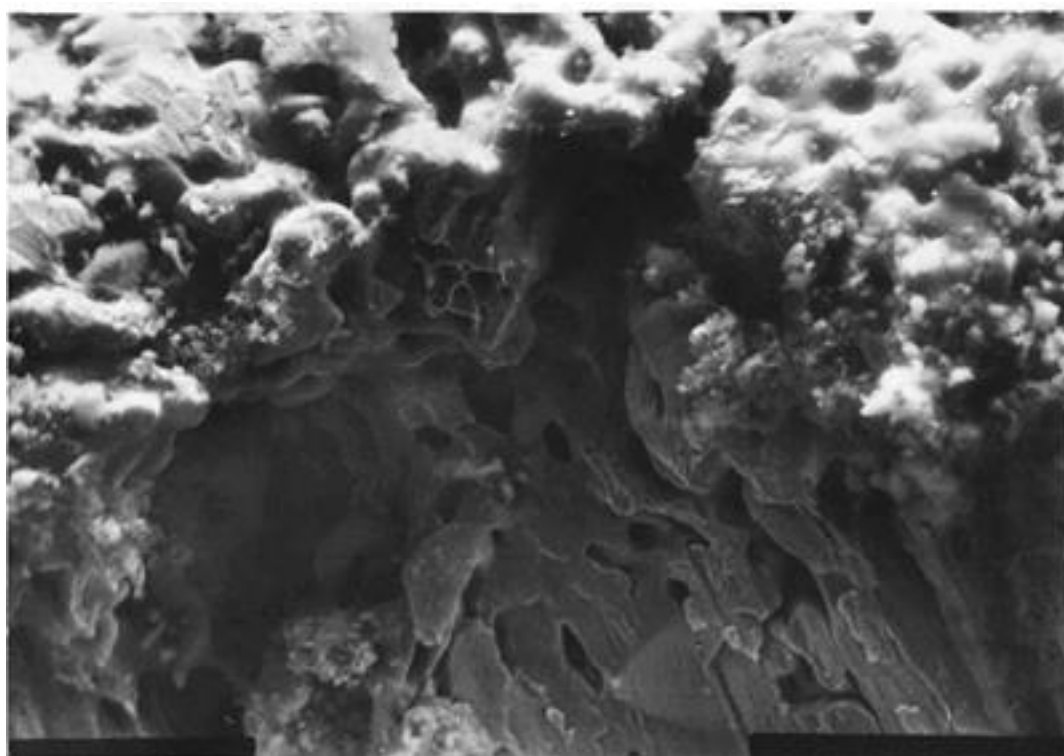


Рисунок 9 – Электронная структура пористой нержавеющей стали ПНС-6 (Увел. 1000^x)

Результаты испытаний представлены графической зависимостью на рисунке 10. Анализ данных, представленных на рисунке 10, позволяет сделать обоснованный вывод о более высокой эффективности и стабильности филь-

трующего элемента из пористой нержавеющей стали (ПНС-6) по сравнению с традиционным бумажным фильтром (рис. 8). Статистические отклонения значений эффективности очистки в случае ПНС-6 значительно ниже и находятся в пределах, регламентированных ГОСТ, что свидетельствует о его высокой надежности и предсказуемости.

Следует отметить, что фильтрующий элемент ПНС-6 демонстрирует максимальную эффективность очистки воздуха уже через 4–5 часов эксплуатации, что существенно сокращает время достижения оптимального уровня защиты, уменьшает попадания пыли в двигатель.

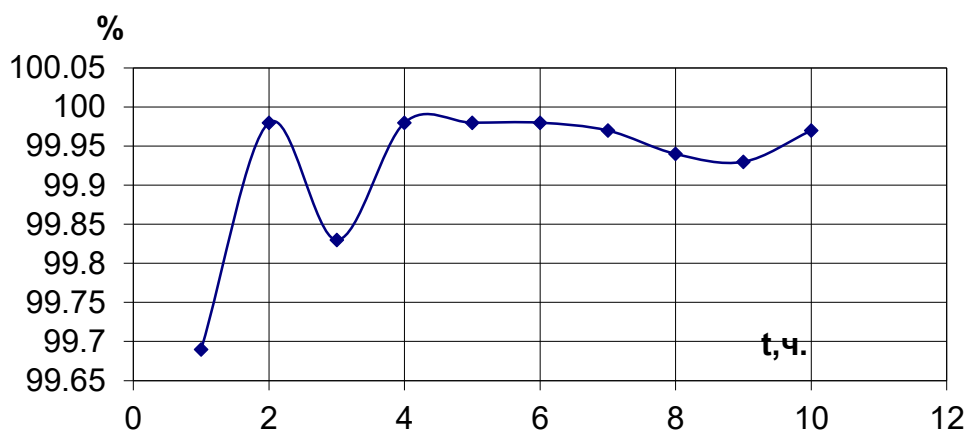


Рисунок 10 – Влияние времени работы фильтрующего элемента из ПНС -6 на эффективности очистки воздуха

В отличие от этого, бумажный фильтр (БФЭ) достигает аналогичной степени очистки только после 10 часов функционирования, что свидетельствует о его меньшей адаптивности и более низкой динамике достижения максимальной эффективности очистки воздуха

Превосходство фильтрующего элемента ПНС-6 обусловлено его конструктивными особенностями, минимизирующими перемещение слоев пыли по поверхности фильтра. Это позволяет значительно ускорить процесс достижения максимальной эффективности очистки и обеспечивает более стабильную работу в течение всего периода эксплуатации.

Результаты десятичасовых испытаний демонстрируют, что эффективность очистки воздуха фильтрующим элементом ПНС-6 составляет 99,99%, что является исключительно высоким показателем. При использовании естественной пыли пылеемкость ПНС-6 достигает 410 г/м², что существенно превышает удельную пылеемкость бумажного фильтра, которая составляет приблизительно 150 г/м².

Таким образом, фильтрующий элемент из пористой нержавеющей стали ПНС-6 обладает значительными преимуществами перед традиционными бумажными фильтрами, включая более высокую эффективность, стабильность работы и более высокую пылеемкость. Эти характеристики делают его предпочтительным выбором для применения в системах воздухоочистки, где требуется высокий уровень защиты от пылевидных включений.

Выводы

1. Исследования показали, что фильтрующий элемент из ПНС-6 демонстрирует более стабильную работу по сравнению с бумажным аналогом. Разброс значений у него меньше, и они находятся в пределах, установленных ГОСТ.

2. Фильтрующий элемент из ПНС-6 достигает максимальной эффективности в очистке воздуха быстрее, чем бумажный фильтр ДФВ 5801. Время достижения максимального уровня очистки составляет 4–5 часов для ПНС-6 и 10 часов для ДФВ 5801.

3. Фильтрующий элемент из ПНС-6 демонстрирует высокую пылеемкость в условиях воздействия естественной пыли, достигающую значения 410 г/м².

4. Фильтр ДФВ 5801, изготовленный из бумаги, демонстрирует высокую степень очистки воздуха, достигающую 99,98%. Однако, его удельная пылеемкость, ниже по сравнению с фильтрующим элементом из ПНС-6. По результатам испытаний она составляет около 150 г/м², что требует более частой его замены.

Список литературы

1. Ащеулов А.С., Ащеулова А.С., Кудреватых А.В., Фрянов Н.О., Саторов Б.И. Современные автомобильные воздушные фильтры и требования, предъявляемые к ним // Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте (иитма-2020). сборник материалов IV Международной научно-практической конференции с онлайн-участием. – Кемерово, 2020. – 568 с.

2. Мерчалов С.В., Затонский А.П., Татаринцев В.Ю. Совершенствование системы очистки воздуха ДВС автомобилей семейства КАМАЗ // Повышение эксплуатационных качеств мобильных транспортно-технологических средств : Материалы Всероссийской научной конференции. – Воронеж, 2023. – 32 – 36 с.

3. Слабов Е.П. Влияние очистки воздуха на ресурс двигателя / Е.П. Слабов, В.С. Антропов, В.Б. Нилов // Автомобильный транспорт. - 1978. - № 4. - С. 41-42.

4. Воропаев В.В. Исследование и повышение долговечности тракторных двигателей путем совершенствования воздухоочистки: автореф. дис. канд. техн. наук / В.В. Воропаев; МАМИ. - М., 1980. - 16 с.

5. Лапшин С.А., Байбарин В.А. Улучшение эксплуатационных свойств трактора ЛТЗ-60АВ за счет применения мультициклонного воздухоочистителя // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2010. – № 2 (25). – С. 32–36.

6. Фильтр воздушный КамАЗ, обслуживание и ремонт. – URL: <https://fb.ru/article/485231/2023-filtr-vozdushnyi-kamaz-obslujivanie-i-remont?ysclid=m2ho8kopt382507959> (дата обращения: 17.03.2025).

References

1. Ascheulov A.S., Ascheulova A.S., Kudrevatykh A.V., Fryanov N.O., Sattorov B.I. Modern automotive air filters and the requirements for them // Innovations in information technology, mechanical engineering and motor transport (iitma-2020). collection of materials of the IV International Scientific and practical conference with online participation. Kemerovo, 2020. – 568 p.

2. Merchalov S.V., Zatonskiy A.P., Tatarintsev V.Yu. Improving the air purification system for internal combustion engines of KAMAZ family vehicles // Improving the operational qualities of mobile transport and technological means : Materials of the All-Russian Scientific Conference. Voronezh, 2023. – 32-36 p.

3. Slabov E.P. The effect of air purification on engine life / E.P. Slabov, B.C. An-tropov, V.B. Nilov // Automobile transport. – 1978. - No. 4. - pp. 41-42.

4. Voropaev V.V. Research and improvement of the durability of tractor engines by improving air purification: abstract of the dissertation of the Candidate of Technical Sciences / V.V. Voropaev. – Moscow, 1980. - 16 p.

5. Lapshin S.A., Baibarin V.A. Improving the operational properties of the LTZ-60AV tractor through the use of a multicyclone air cleaner // Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. – 2010. – № 2 (25). – pp. 32–36 C.

6. KAMAZ air filter, maintenance and repair. – URL: <https://fb.ru/article/485231/2023-filtr-vozdushnyi-kamaz-obslujivanie-i-remont?ysclid=m2ho8kopt382507959> (accessed: 03/17/2025).