

УДК 631.371

UDC 631.371

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки, сельскохозяйственные науки)

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences, agricultural sciences)

ПРИМЕНЕНИЕ ФИЛЬТРОПЛАСТА В ГАЗОВОМ ФИЛЬТРЕ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

APPLICATION OF FILTER PLASTIC IN THE GAS FILTER OF HIGH-PERFORMANCE ENGINES

Жбанов Никита Сергеевич
к.т.н., доцент кафедры
РИНЦ SPIN-код= 7241-6650
Рязанский институт (филиал) Московского Политехнического университета, Рязань, Россия

Zhbanov Nikita Sergeevich
Cand.Tech.Sci., associate professor of the department
RSCI SPIN-code= 7241-6650
Ryazan Institute (branch) of the Moscow Polytechnic University, Ryazan, Russia

Чернышев Алексей Дмитриевич
к.т.н., заведующий кафедрой
РИНЦ SPIN-код= 5899-2853
Рязанский институт (филиал) Московского Политехнического университета, Рязань, Россия

Chernyshev Alexey Dmitrievich
Cand.Tech.Sci., head of department
RSCI SPIN-code= 5899-2853
Ryazan Institute (branch) of the Moscow Polytechnic University, Ryazan, Russia

Кiryukhin Евгений Андреевич
аспирант
РИНЦ SPIN-код= 9708-3194
Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, Рязань, Россия

Kiryukhin Evgeny Andreevich
Graduate student
RSCI SPIN-code= 9708-3194
Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

Асташкин Алексей Владимирович
магистрант
Рязанский институт (филиал) Московского Политехнического университета, Рязань, Россия

Astashkin Alexey Vladimirovich
Master's student
Ryazan Institute (branch) of the Moscow Polytechnic University, Ryazan, Russia

Горбунов Виктор Николаевич
магистрант
Рязанский институт (филиал) Московского Политехнического университета, Рязань, Россия

Gorbunov Victor Nikolaevich
Master's student
Ryazan Institute (branch) of the Moscow Polytechnic University, Ryazan, Russia

Объёмы выбросов при работе двигателей (в том числе высокопроизводительных) в настоящее время достигают критических отметок. Для решения данной проблемы современными учёными разрабатываются системы, обеспечивающие наиболее полное сгорание топлива - воздушной смеси. Особый интерес представляют системы с внешним смесеобразованием. Для обеспечения стабильного, бесперебойного функционирования такой высокоточной аппаратуры необходимо применения защитных средств различной направленности. Газовый фильтр, применяемый в данных системах, позволяет сепарировать сорный мусор и предотвратить его попадание в систему. В результате проведённого анализа существующих фильтрующих элементов, установлено, что оптимальным вариантом, позволяющим добиться

Emissions from engines (including high-performance ones) are currently reaching critical levels. To solve this problem, modern scientists are developing systems that ensure the most complete combustion of the fuel-air mixture. Systems with external mixing are of particular interest. To ensure the stable, uninterrupted operation of such high-precision equipment, it is necessary to use protective equipment of various types. The gas filter used in these systems allows you to separate the garbage and prevent it from entering the system. As a result of the analysis of the existing filter elements, it was found that the best option to achieve a high degree of purification is a filter layer. Experimental tests have been conducted. As a result of the conducted research, it was found that garbage is characterized by high dispersion. Examining the dimensional characteristics of the debris, it was noted that the average particle size is 4-5 microns. The

высокой степени очистки, является фильтропласт. concentration of soot particles is 0.15 mg/m^3
Проведены экспериментальные испытания. В
результате проведённого исследования
установлено, что сорный мусор характеризуется
высокой дисперсностью. Исследуя размерные
характеристики мусора, отмечено, что средний
размер частиц составляет 4-5мкм. Концентрация
частиц сажи составляет $0,15 \text{ мг/м}^3$

Ключевые слова: МАШИНОСТРОЕНИЕ,
ДВИГАТЕЛИ, ГАЗОВЫЙ ФИЛЬТР,
ФИЛЬТРОПЛАСТ

Keywords: MACHINE BUILDING, ENGINES, GAS
FILTER, FILTROPLAST

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-216-012>

Введение

В настоящее время наиболее остро стоит вопрос загрязнения окружающей среды, ввиду выброса отработавших газов, в процессе функционирования двигателей (в том числе высокопроизводительных). Высокопроизводительные двигатели получили широкое распространение во многих отраслях, особого внимания заслуживает отрасль сельского хозяйства [1]. Объёмы выбросов в настоящее время достигают критических отметок, для решения данной проблемы современными учёными разрабатываются системы, обеспечивающие наиболее полное сгорание топлива - воздушной смеси [2]. Особый интерес представляют разработанные современными учёными системы с внешним смесеобразованием. В настоящее время подобные системы характеризуются высокой эффективностью. Одним из наиважнейших устройств входящих в состав таких систем, является газовый фильтр, необходимый для отсеивания сорного мусора сетевого газа. Данный элемент системы внешнего смесеобразования обеспечивает стабильную, бесперебойную работу данной высокоточной аппаратуры. В глобальном смысле целью работы является повышение надёжности функционирования системы внешнего смесеобразования высокопроизводительных

<http://ej.kubagro.ru/2026/02/pdf/12.pdf>

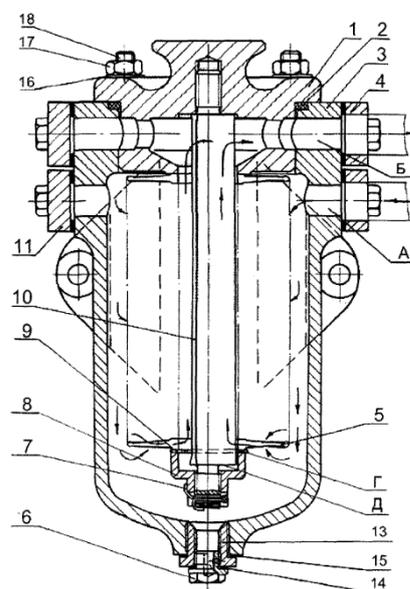
двигателей. Освещаемое в статье исследование преследует цель: обеспечить высокую степень сепарации сорного мусора сетевого газа, за счёт применения модернизированного газового фильтра с современным фильтрующим элементом.

Основными задачами исследования были:

- выбор фильтрующего элемента для модернизированного газового фильтра;
- исследование работоспособности модернизированного газового фильтра;
- определение эффективности применения выбранного фильтрующего материала.

Материалы и методы

В настоящее время в двигателях 12ГДЧН26/26 используется вид в разрезе которого представлен на рисунке 1 [3]. В качестве сепарирующего материала в данном фильтре выступает полиэстер.



- 1- крышка, 2- уплотнитель, 3- корпус, 4- фланец, 5- фильтрующий элемент, 6- пробка, 7- шпинат, 8- гайка, 9,16- шайбы, 10- стержень, 11-

заглушка, 13- втулка, 14- прокладка сливной пробки, 15- прокладка опорной втулки, 17- гайка крепления крышки, 18-шпилька.

Рисунок 1 - Газовый фильтр двигателя 12ГДЧН26/26

Известен фильтр сетевого газа высокопроизводительных двигателей с внешним смесеобразованием, отличающийся простотой конструкции от применяемых в настоящее время. Кроме того, следует отметить большую, в сравнении с классическим фильтром, площадь канала, подводящего сетевой газ. Вид фильтра в разрезе представлен на рисунке 2. Фильтр состоит из корпуса 1, фильтрующего элемента 2 и крышки 3.

Сетевой газ, попадая в фильтр, ввиду наличия литой перегородки, разделяется на два потока, далее попадает в фильтрующий элемент [4]. Выбор фильтрующего элемента является особо важным вопросом, грамотный его выбор способен обеспечить эффективное, бесперебойное функционирование двигателя в целом. Для рационального подбора материала является необходимым проведение анализа существующих материалов.

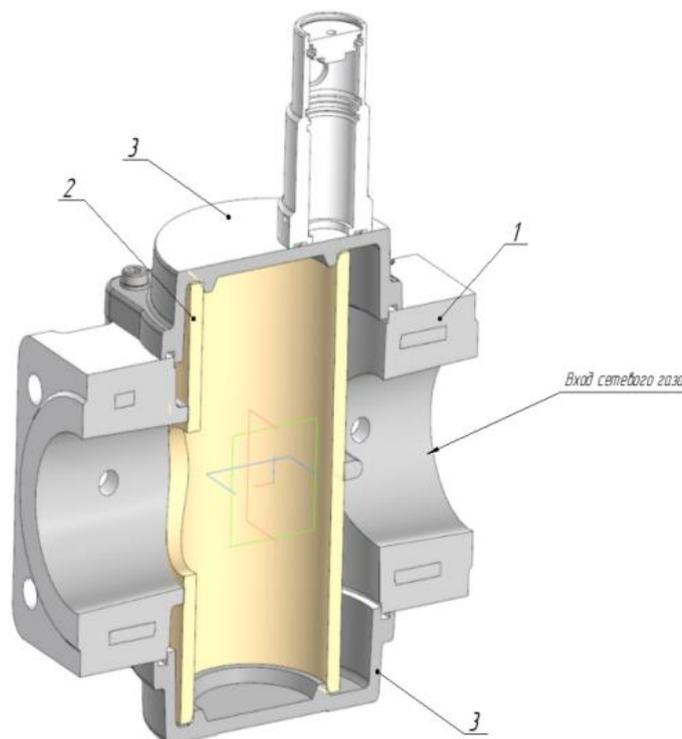


Рисунок 2 – Модернизированный газовый фильтр

Известен мешочный (карманный) фильтр, который может быть выполнен как из натуральных компонентов, так и синтетических. Обладает высокой прочностью и низкой ценой. Данный материал сам по себе не создаёт фильтрующего эффекта, а лишь способствует накоплению слоя пыли, который и работает как фильтр. Ввиду этого следует, что в начальный момент времени данный фильтрующий элемент имеет низкую эффективность, которая повышается в процессе загрязнения. Фильтрующий материал способен осуществить только грубую очистку, сепарируя сор с размером частиц превышающих 10 мкм.

Нетканые материалы в данном аспекте имеют некоторое преимущество, так как они позволяют обеспечить постоянную эффективность и хорошее удержание частиц. В основе данного фильтрующего материала лежат волокна полипропилена, стекловолокна и др. Нетканые фильтрующие материалы могут иметь различную толщину,

варьируемую от 5 до 45 мм с различной плотностью от 100 до 400 г/м². Осуществляют грубую очистку отсеивая сор размерами 5-10 мкм [5].

В настоящее время широкое распространение получили нетканые полотна с прогрессивной структурой. Данный материал представляет из себя совокупность нескольких слоёв, обладающих различной плотностью и разной толщиной волокон. Данная структура материала обеспечивает качественную фильтрацию ввиду того, что крупные частицы удерживаются верхними слоями, мелкие оседают на следующих слоях. К минусам следует отнести отсутствие регенерации, фильтрующий элемент после максимального загрязнения подлежит утилизации, как строительный мусор. Наиболее перспективным является фильтр на основе пенополиуретана, которые возможно промывать многократно [5]. Кроме того, данный материал способен обеспечить высокий уровень сепарации частиц сорного мусора с размерами 5-8 мкм.

Исходя из этого следует, что данный материал имеет преимущество перед ранее рассматриваемыми фильтрами. При этом следует отметить, что получивший в последнее время широкое распространение фильтропласт, не уступает по своим характеристикам данному материалу, а по некоторым критериям имеет преимущество.

В рассматриваемом устройстве предлагается применять фильтропласт с чистотой фильтрации 5 мкм и максимальным давлением до 6 бар. Максимальный расход не менее 2500 м³/ч. В основе фильтропласта, так же, как и в ранее рассматриваемых материалах лежит полиэстер. Фильтропласт обладает высокой пористостью и низкой плотностью, которая варьируется от 0.2 до 0.6 г/см³, используется как для тонкой, так и грубой очистки. Одним из значимых преимуществ данного материала является его гибкость, которая обеспечивает возможность придания материалу необходимой для фильтра формы.

Ввиду своей высокой фильтрующей способности, доступности и низкой стоимости к дальнейшим исследованиям принимаем фильтропласт. Для определения эффективности применения данного материала в рассматриваемом газовом фильтре, а также подтверждения корректности работы газового фильтра и системы в целом, необходимым является изготовление экспериментального образца и проведение испытаний на двигателе Д49. И в последующем сравнении показателей полученных в результате испытаний модернизированного двигателя, с уже известными значениями зафиксированными на стандартном газовом двигателе.

Результаты исследования

Для рассматриваемого газового фильтра необходимым является предание цилиндрической формы фильтропласту. Общий вид материала, предлагаемого к использованию в газовом фильтре представлен на рисунке 3.

Следует отметить, что рассматриваемый газовый фильтр продемонстрировал высокую прочность, при испытании на статическое давление разрыва и герметичность, при проверке соединений и корпуса на отсутствие утечек газа. Были проведены эксплуатационные испытания высокопроизводительного двигателя с использованием системы внешнего смесеобразования в состав которой входит газовый фильтр, на двигателе 12ГДЧН26/26, на стенде СИА1, предназначенный для обкатки и испытаний дизелей 5Д49 и Д50.



Рисунок 3 – Фильтропласт

Одним из основных показателей, определяющих корректность работы газового фильтра является определение аэродинамического сопротивления фильтра. Давление определяли при помощи манометра, установленного на входе и выходе из фильтра. На входе было зафиксировано давление 2,9 кПа на выходе из газового фильтра было зафиксировано значение 0,2 кПа. На стандартном газовом фильтре средние значения составляют 3 кПа на входе и 0,28 кПа на выходе. Исследование повторяли на загрязненном фильтрующем элементе модернизированного газового фильтра. На входе было зафиксировано давление 4 кПа, на выходе 0,35 кПа. В стандартном газовом фильтре эти значения варьируются в пределах: на входе 4-7 кПа, на выходе 0,4- 0,7 кПа.

Исходя из полученных данных была построена сравнительная диаграмма (рисунок 4) перепада давления на модернизированном и классическом газовых фильтрах.

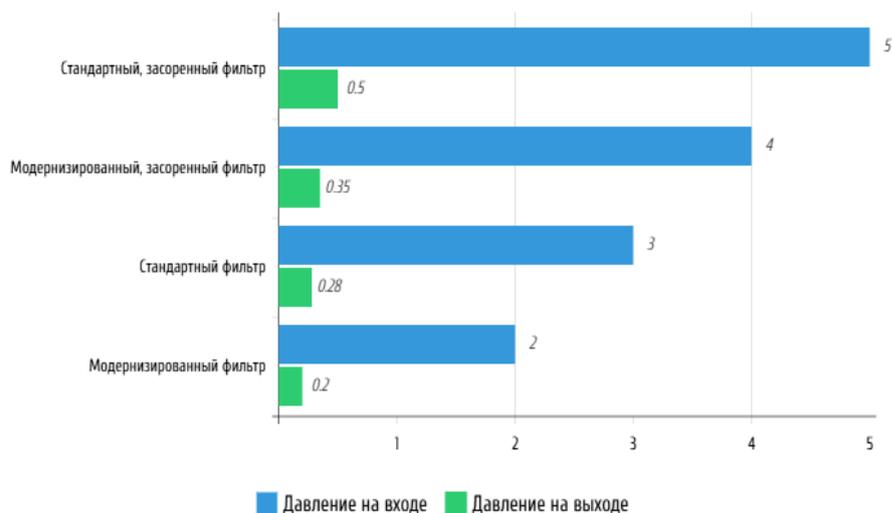


Рисунок 4 - Диаграмма перепада давления на стандартном и модернизированном фильтрах

Из полученных данных можно сделать вывод, что модернизированный фильтр имеет сходные со стандартным, показатели перепада давления, которые не выходят за пределы нормы.

На рисунке 5 представлен общий вид фильтропласта после проведения испытаний.



Рисунок 5 – Отработавший фильтропласт

На представленном рисунке 5 видно, что фильтропласт имеет потемнение по всей поверхности и особенно по верхней кромке материала. Следует отметить, что при этом имеет место скопление частиц на дне

фильтра (рисунок б), удаление которых происходит при съёме нижней крышки.



а

б

а - скопившийся на дне сорный мусор; б - сорный мусор осевший на стенках фильтра

Рисунок б – Скопившийся сорный мусор

Следует отметить, что сорный мусор, осевший на стенках фильтропласта (рисунок бб) легко отделяется от стенок, исходя из этого имеется возможность очистки фильтра от загрязнений и повторном его использовании.

Большую значимость для оценки эффективности работы газового фильтра имеет коэффициент пропускания пыли (эффективности очистки). Зафиксированы частицы сажи с концентрацией $0,15 \text{ мг/м}^3$. Благодаря взвешиванию фильтрующего элемента до и после эксперимента, установлено, что в результате задержки в теле фильтропласта сорного мусора, масса увеличилась на $2,5 \text{ г/м}^3$. Данный показатель и будет составлять массу отсеянного сорного мусора. Ввиду того, что средние значения пыли в воздухе варьируются в пределах $2-3 \text{ г/м}^3$, рассчитаем по формуле 1 коэффициент очистки.

$$N=(1-m_{\text{после}}/m_{\text{до}})*100\% \quad (1)$$

Исходя из этого, коэффициент очистки (эффективности фильтрации) для данного модернизированного фильтра, стремится к 100% .

Интерес представляет исследование частиц сорного мусора оседающего на дне фильтра. Данное исследование необходимо для понимания полноты фильтрации при использовании предлагаемого материала в конструкции фильтра. На рисунке 7 представлен вид частиц сорного мусора при исследовании под микроскопом.

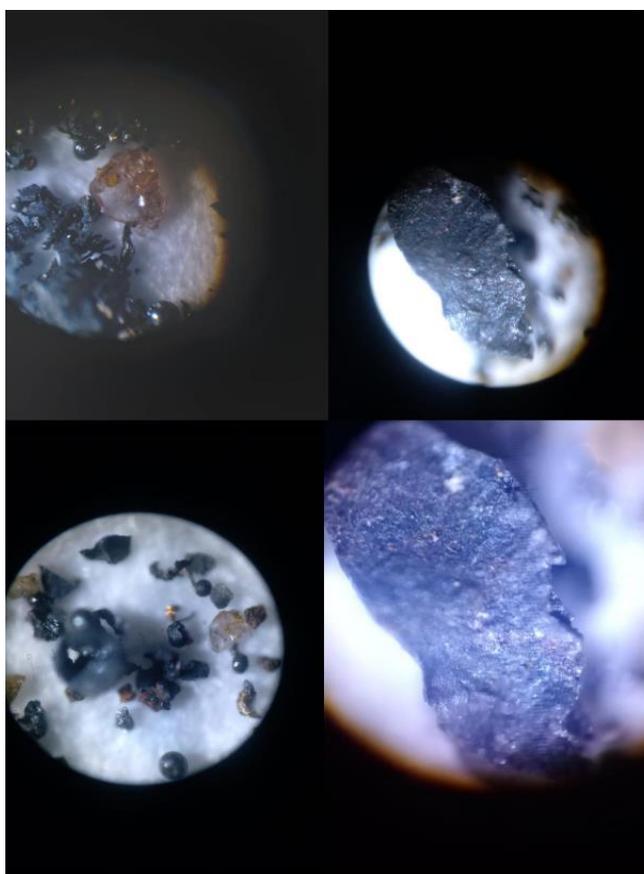


Рисунок 6 – Сорный мусор сетевого газа под микроскопом

В результате проведённого исследования установлено, что сорный мусор характеризуется высокой дисперсностью. Исследуя размерные характеристики мусора, отмечено, что средний размер частиц составляет 4-5мкм.

В результате проведённых испытаний работы газового фильтра с предложенным материалом, сепарация сорного мусора происходит наилучшим образом. Качественно отсеиваются, частицы обладающие разными типоразмерными характеристиками.

Заключение

В результате проведённых исследований было установлено:

- фильтропласт является наиболее предпочтительным материалом для использования в конструкции газового фильтра высокопроизводительных двигателей;
- в результате проведённых испытаний была подтверждена работоспособность модернизированного газового фильтра с фильтропластом;
- сепарация сорного мусора при использовании фильтропласта происходит наилучшим образом.

Библиографический список

1. Жбанов Н.С. Анализ современных предохранительных клапанов для высокопроизводительных двигателей / Н.С. Жбанов, А.Д. Чернышев, С.И. Официн, И.О. Масолов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2025.
2. Жбанов Н.С. Исследование процесса воспламенения в двигателях внутреннего сгорания оборудованных модернизированной форкамерой / Н.С. Жбанов, Н.Е. Попков, А.Д. Чернышев, Д.В. Колошеин, И.А. Ильчук // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева.— 2025.
3. Рыжов В.А. Четыре поколения двигателей типоразмерного ряда Д49/ В.А. Рыжов // Двигателестроение. – 2020. – № 4(282). – С. 35–40
4. Кнелъц В.Ф. Принципы и особенности построения систем воздухообеспечения на двигателях производства АО "Коломенский завод / В. Ф. Кнелъц, А. Б. Матисен // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. – 2022. – Т. 9, № 4. – С. 3–9.
5. Жбанов Н.С. Исследования Свойств композиционных материалов, применяемых в картофелеуборочных машинах [Текст] / Н.С.Жбанов, М.Ю.,Костенко, Г.К. Рембалович и др. // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – Рязань, 2020. – 2(46). – С. 69-75.

References

1. Zhbanov N.S. Analiz sovremennyh predohranitel'nyh klapanov dlja vysokoproizvoditel'nyh dvigatelej / N.S. Zhbanov, A.D. Chernyshev, S.I. Oficin, I.O. Masolov // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2025.

2. Zhbanov N.S. Issledovanie processa vosplamenenija v dvigateljah vnutrennego sgoranija oborudovannyh modernizirovannoj forkameroy / N.S. Zhbanov, N.E. Popkov, A.D. Chernyshev, D.V. Koloshein, I.A. Il'chuk // Vestnik Rjazanskogo gosudarstvennogo agrotehnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva.— 2025.

3. Ryzhov V.A. Chetyre pokolenija dvigatelej tiporazmernogo rjada D49/ V.A. Ryzhov // Dvigatestroenie. – 2020. – № 4(282). – S. 35–40

4. Knel'c V.F. Principy i osobennosti postroenija sistem vozduhosnabzhenija na dvigateljah proizvodstva AO "Kolomenskij zavod / V. F. Knel'c, A. B. Matisen // Mashinostroenie: setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal. – 2022. – T. 9, № 4. – S. 3–9.

5. Zhbanov N.S. Issledovanija Svoystv kompozicionnyh materialov, primenjaemyh v kartofeleuborochnyh mashinah [Tekst] / N.S.Zhbanov, M.Ju.,Kostenko, G.K. Rembalovich i dr. // Vestnik Rjazanskogo gosudarstvennogo agrotehnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva. – Rjazan', 2020. – 2(46). – S. 69-75.