

УДК 629.113.004.53

UDC 629.113.004.53

**ОЦЕНКА ФИЛЬТРУЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА ФИЛЬТРА ТОНКОЙ ОЧИСТКИ ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ ИЗМЕНЕНИЯ РАЗРЯЖЕНИЯ В ТОПЛИВОПРОВОДЕ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ COMMON RAIL**

**EVALUATION OF THE FILTER ELEMENT OF THE FILTER OF THIN CLEARING OF FUEL ON THE BASIS OF THE CHANGE IN PRESSURE IN THE COMMON RAIL FUEL SUPPLY SYSTEM**

Симдянкин Аркадий Анатольевич  
д.т.н., профессор

Simdyankin Arkady Anatolievich  
Dr.Sci.Tech., professor

Бышов Николай Владимирович  
д.т.н., профессор

Byshov Nikolay Vladimirovich  
Dr.Sci.Tech., professor

Борычев Сергей Николаевич  
д.т.н., профессор

Borichev Sergey Nikolaevich  
Dr.Sci.Tech., professor

Успенский Иван Алексеевич  
д.т.н., профессор

Uspensky Ivan Alekseevich  
Dr.Sci.Tech., professor

Кокорев Геннадий Дмитриевич  
д.т.н., доцент

Kokorev Gennady Dmitrievich  
Dr.Sci.Tech., associate professor

Юхин Иван Александрович  
к.т.н.

Yukhin Ivan Aleksandrovich  
Cand.Tech.Sci

Синицин Павел Сергеевич  
к.т.н.

Sinitsin Pavel Sergeevich  
Cand.Tech.Sci

Клиншов Алексей Анатольевич  
аспирант

Klinshov Aleksey Anatol'yevich  
postgraduate student

Лучков Максим Сергеевич  
студент  
*Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Рязань, Россия*

Luchkov Maxim Sergeevich  
student  
*Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia*

В статье проанализированы результаты оценки фильтрующего элемента фильтра тонкой очистки топлива на основе изменения разряжения в топливопроводе системы питания common rail в зависимости от пробега автомобиля

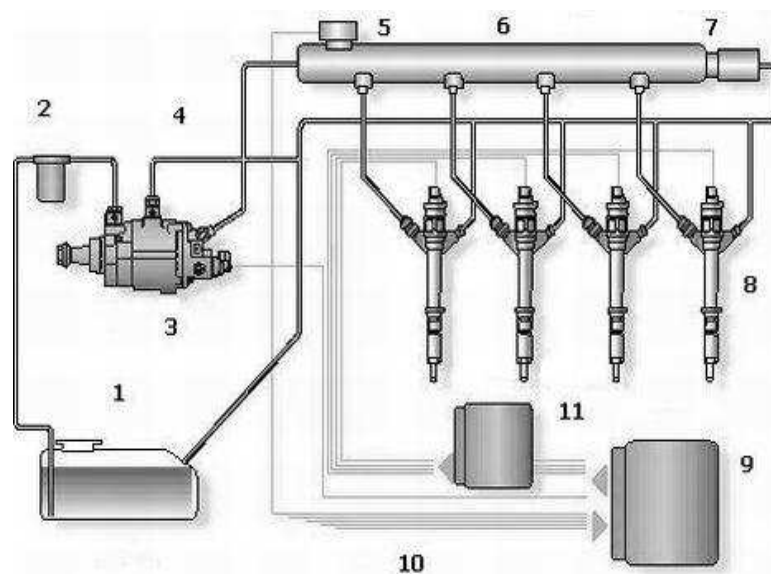
The article analyzes the results of the evaluation of the filter element of the filter of thin clearing of fuel on the basis of the change in pressure in the common rail fuel supply system depending on mileage

Ключевые слова: СИСТЕМА ВПРЫСКА COMMON RAIL, ФИЛЬТРУЮЩИЙ ЭЛЕМЕНТ, ФИЛЬТР ТОНКОЙ ОЧИСТКИ ТОПЛИВА, ИЗМЕНЕНИЕ РАЗРЯЖЕНИЯ В ТОПЛИВОПРОВОДЕ

Keywords: INJECTION SYSTEM COMMON RAIL, FILTER ELEMENT, FILTER FUEL, CHANGE IN PRESSURE IN FUEL LINE

Система впрыска Common Rail, разработанная специалистами фирмы Bosch, и примененная на дизельных двигателях Cummins ISF и YD25, является современной системой впрыска топлива [1,2]. Работа системы Common Rail основана на подаче топлива к форсункам от общего аккумулятора высокого давления – топливной рампы (рис.1). Это является

первым отличием системы Common Rail от традиционных дизелей с ТНВД с кулачковым приводом и низким давлением подачи топлива. Второе отличие системы Common Rail от двигателей с обычным ТНВД кулачкового типа то, что подъём иглы форсунки осуществляется посредством соленоида, а не давлением топлива. Цикловая подача топлива определяется действиями водителя, а угол опережения и давление впрыска – заложенной в блок управления программой. При этом создание давления и непосредственный процесс впрыска в системе Common Rail полностью разделены. Главное преимущество такого разделения – возможность формировать процесс двухфазного и многофазного впрыска, и, более того, это позволяет применять несколько фаз впрыска за один рабочий такт.



1 – топливный бак; 2 – топливный фильтр; 3 – топливный насос высокого давления; 4 – топливопроводы; 5 – датчик давления топлива; 6 – топливная рампа; 7 – регулятор давления топлива; 8 – форсунки; 9 – электронный блок управления; 10 – сигналы от датчиков; 11 – усилительный блок (на некоторых моделях автомобилей).

Рисунок 1 - Общая схема системы Common Rail:

Появление системы Common Rail обусловлено жёсткими требованиями к двигателям по экономичности и экологичности, которые

повышаются с каждым годом. Она обеспечивает экономию топлива за счет повышенного давления топлива и его более тонкого распыла в камере сгорания. Это приводит к более полному и эффективному сгоранию топливовоздушной смеси с наименьшим выбросом вредных веществ, возрастанию мощности при меньшем расходе топлива и уровне шума.

Однако, система Common Rail более требовательна к чистоте и качеству дизельного топлива, более сложна по конструкции и настройке параметров, а, следовательно, и более дорогая, чем традиционная.

Этот факт накладывает дополнительные требования к ее обслуживанию в процессе эксплуатации, а именно, соответствию параметров каждого входящего в нее элемента установленным техническим требованиям. Выход характеристик одного элемента системы за установленные пределы может привести к выходу всей системы из строя. Особенно это касается фильтра тонкой очистки топлива, поскольку непосредственно после него находятся прецизионные и одни из ресурсопределяющих элементов двигателя – форсунки ТНВД.

Для оперативного получения информации о техническом состоянии фильтрующего элемента, а также с целью регистрации точных результатов, нами была предложена система информирования о его загрязнении с использованием калибратора давления "Метран" (рис.2) [3,4]. Схема реализации и система контроля состояния фильтра двигателя внутреннего сгорания состоит из, топливного бака 1, фильтра 2 тонкой очистки дизельного топлива, магистрали 3 низкого давления, топливного насоса 4 высокого давления (ТНВД), магистрали 5 высокого давления, топливной рампы 6, клапана 7 контроля потока топлива, инжекторов 8; магистрали 9 обратного потока топлива, электромагнитного клапана 10, калибратора давления "Метран" 11.

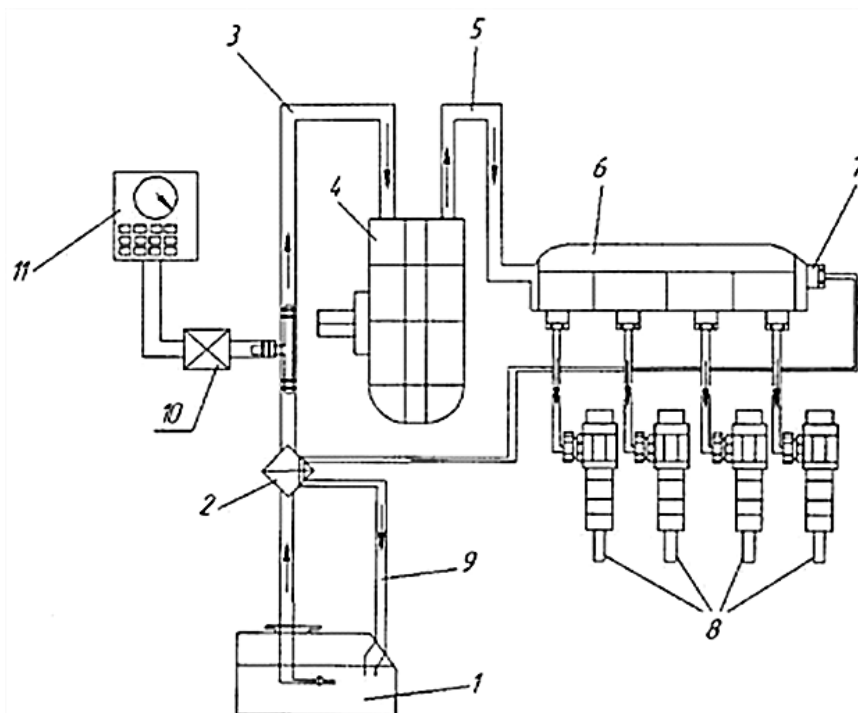


Рисунок 2 - Схема реализации системы контроля состояния фильтра тонкой очистки топлива

Калибратор давления "Метран" находится в кабине водителя. В связи с тем, что калибратор давления "Метран" не предназначен для постоянного режима работы, применен электромагнитный клапан для отключения и кратковременного включения калибратора давления "Метран".

Система контроля состояния фильтра двигателя внутреннего сгорания работает следующим образом. При работе двигателя внутреннего сгорания с системой питания Common Rail топливо подается из бака 1 в систему питания за счет разряжения, создаваемого топливным насосом 4 высокого давления ТНВД. Топливо проходит очистку от смолистых образований, парафина, механических и других примесей в фильтре тонкой очистки 2 и подается на топливную рампу 6. Топливо очищается от смолистых образований, парафина, механических и других примесей фильтром 2 тонкой очистки топлива. Фильтрующий элемент фильтра 2 засоряется абразивными частицами, механическими примесями,

а также закоксовывается тяжелыми смолами, парафинами, находящимися в топливе. Вследствие этого в топливопроводе после фильтра 2 тонкой очистки дизельного топлива, перед топливным насосом 4 создается разрежение. В процессе работы двигателя внутреннего сгорания в результате засорения фильтрующего элемента фильтра 2 разрежение в топливопроводе между фильтром тонкой очистки и топливным насосом изменяется. Разрежение в топливопроводе изменяется в зависимости от степени загрязнения фильтрующего элемента. Разрежение в топливопроводе перед фильтром 2 фиксируется калибратором давления "Метран" 11. Для снятия показаний измерения разрежения в топливопроводе после фильтра 2 тонкой очистки используется электромагнитный клапан 10, который открывает канал подачи разрежения к калибратору давления "Метран" 11. Электромагнитный клапан 10 включается водителем из кабины автомобиля (кабина автомобиля на схеме не представлена).

Это техническое решение было реализовано на базе автомобиля Камаз43255 с системой питания Common Rail (рис.3), результаты экспериментальных исследований для удобства анализа представлены в виде гистограмм (методика исследований изложена в работе [5]).

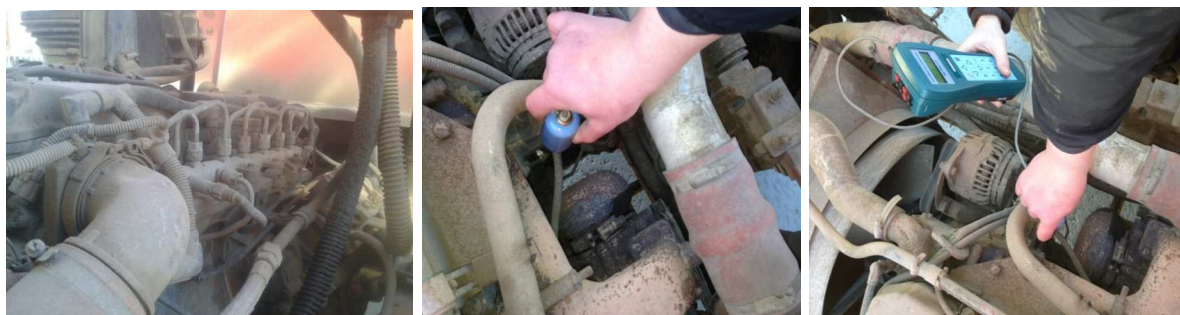
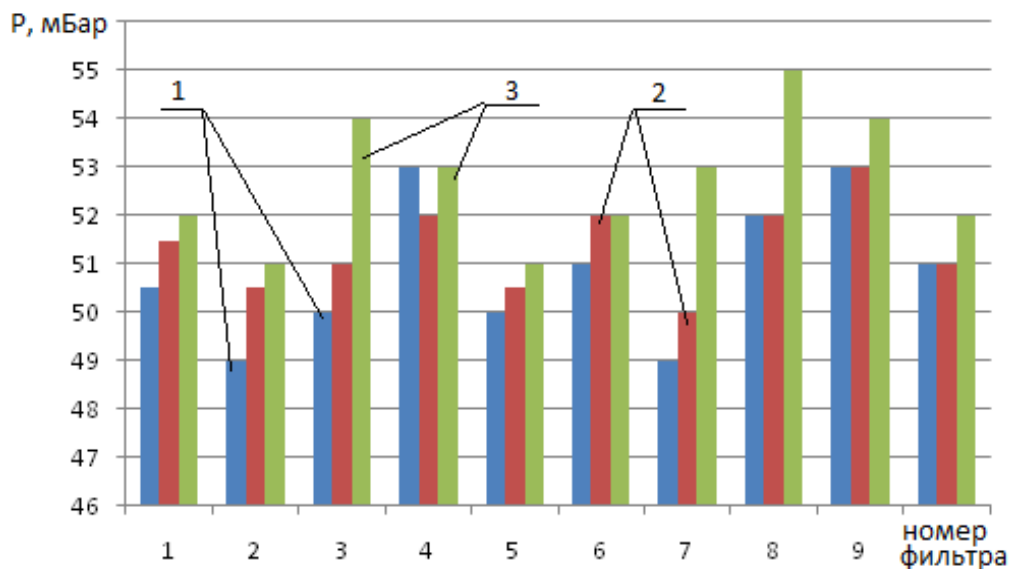


Рисунок 3 - Практическая реализация предложенного технического решения.

На рис.4-9 представлены гистограммы распределения разрежения на выходе фильтра от оборотов двигателя в зависимости от пробега автомобиля.



1 – холостой ход; 2 – при 1400 мин<sup>-1</sup>; 3 – при 2000 мин<sup>-1</sup>

Рисунок 4. - Изменение разряжения на выходе нового фильтра при увеличении оборотов двигателя:

Из рисунка 4 видно, что при увеличении частоты вращения коленчатого вала разряжение возрастает (за исключением 4-го фильтра).

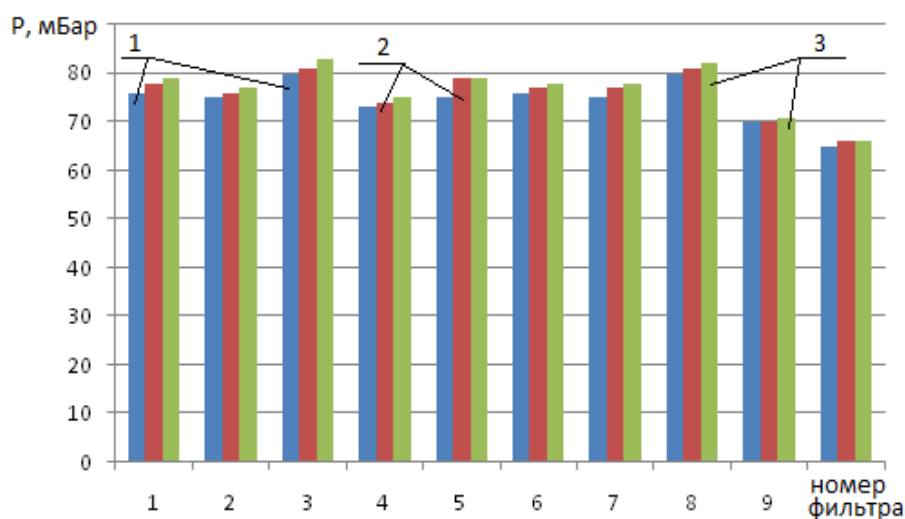


Рисунок 5 - Изменение разряжения на выходе фильтра с пробегом 10000 км при увеличении оборотов двигателя (обозначения те же)

Из рисунка 5 видно, что с нарастанием пробега значения разряжения выравниваются и незначительно отличаются друг от друга по величине при увеличении оборотов.

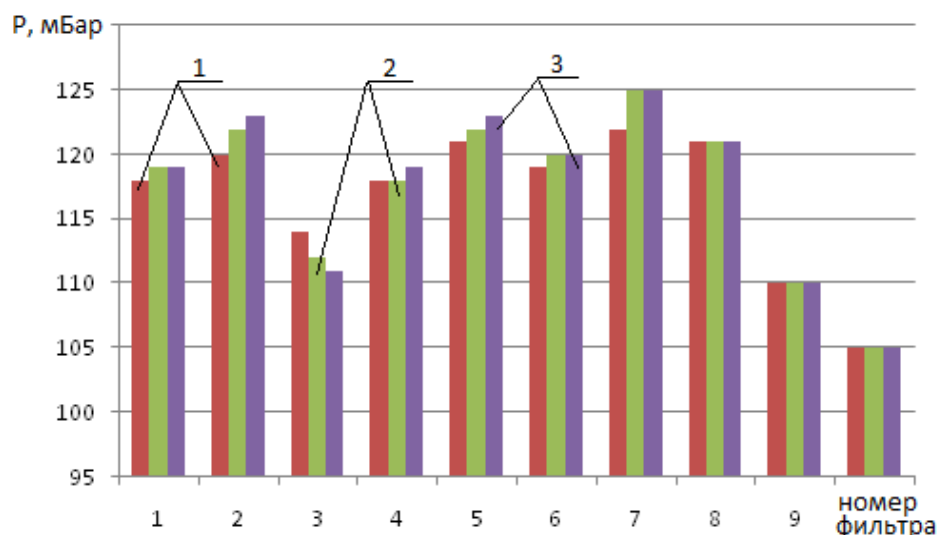
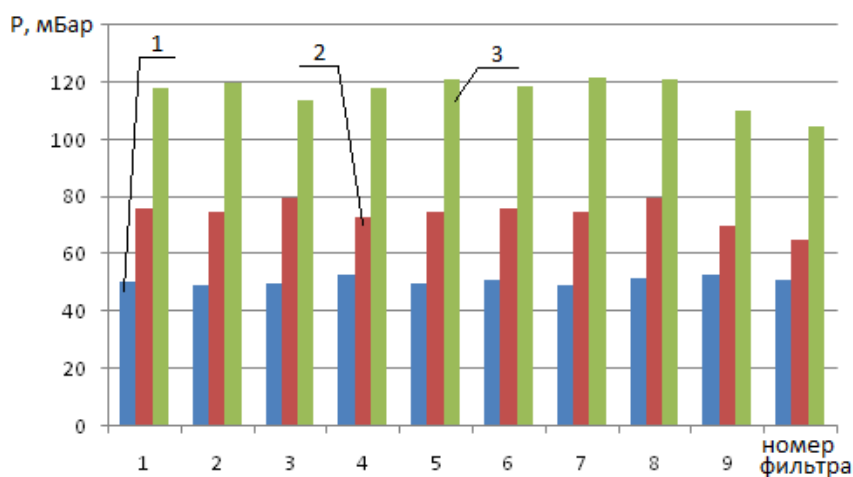


Рисунок 6 - Изменение разряжения на выходе фильтра с пробегом 20000 км при увеличении оборотов двигателя (обозначения те же)

Из рисунка 6 видно, что с увеличением пробега фильтров появляются существенные отклонения в значениях разряжения. Фактически, только фильтры 3, 9 и 10 имеют «запас» пробега, при условии, что 120 мБар – по данным производителя – является предельным значением разряжения.



1 – новый фильтр; 2 – фильтр с пробегом 10000 км; 3 – фильтр с пробегом 20000 км

Рисунок 7 - Изменение разряжения на выходе фильтров с увеличением пробега на холостых оборотах:

Из рисунка 7 видно, что с увеличением пробега у фильтров появляются существенные отклонения в значениях разряжения.

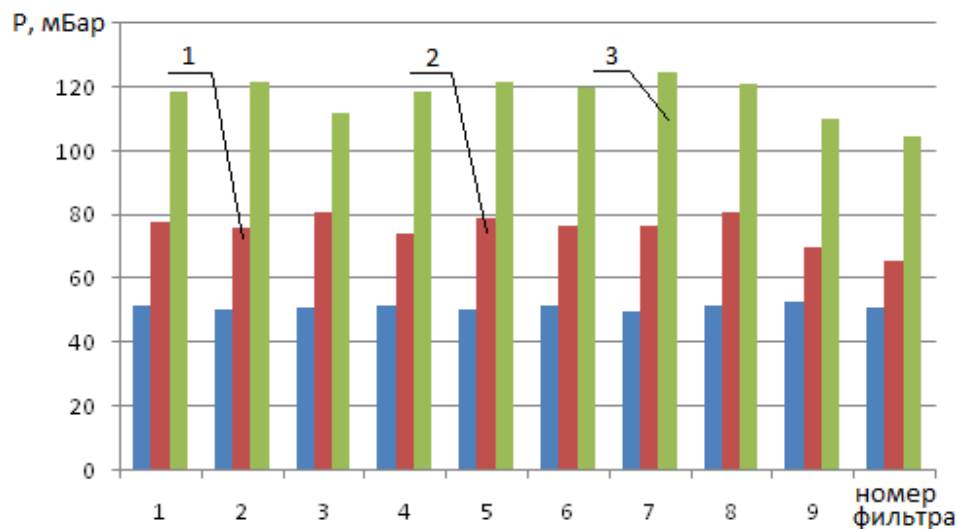


Рисунок 8 - Изменение разряжения на выходе фильтров с увеличением пробега при 1400  $\text{мин}^{-1}$  (обозначения те же)

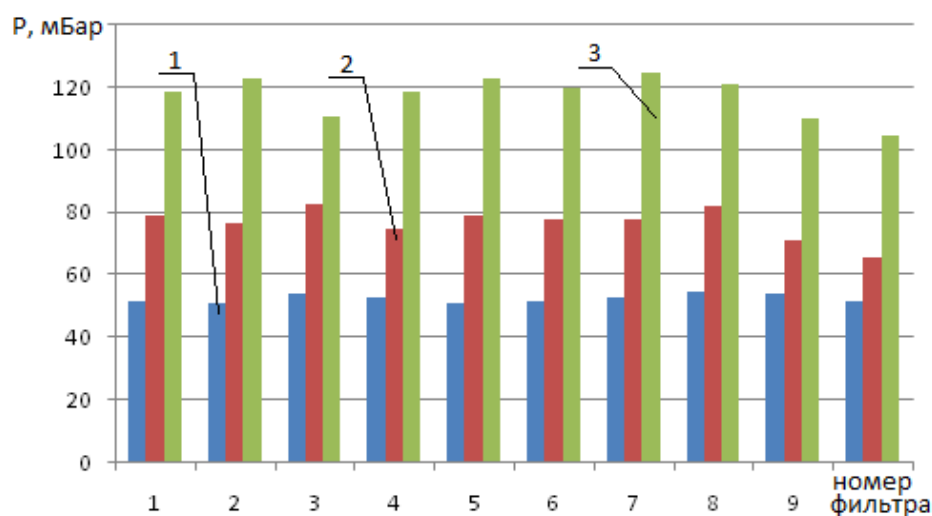


Рисунок 9 - Изменение разряжения на выходе фильтров с увеличением пробега при 2000  $\text{мин}^{-1}$  (обозначения те же)

Зависимости, представленные на рисунках 7-9, практически не отличаются друг от друга – увеличение частоты вращения не приводит к существенному увеличению разряжения.

При этом, исходя из данных измерений, в зоне допустимых значениях разряжений находится 23 из 30 фильтров (76,7%). Анализ показывает, что запас пробега у фильтров, находящихся в зоне 105...108,3



мБар, составляет в среднем 11%; в зоне 108,3...111,7 мБар – 8,3%; в зоне 111,7...115 мБар – 5,5%; в зоне 115...118,3 мБар – 2,8%; в зоне 118,3...120 мБар – 0,7%. Таким образом, существует запас пробега у фильтров, попадающих в зону 105...111,7 мБар, количество которых составляет 7 шт. (23%).

Начальное среднее значение разряжения на выходе для всех новых фильтров, используемых в эксперименте, составляет 51,63 мБар (среднее квадратичное отклонение  $\sigma = 1,43$ ). В процессе эксплуатации единая группа фильтров распадается на две подгруппы. Первая – фильтры, быстро теряющие упругость фильтрующего элемента и, следовательно, быстро приближающиеся к максимально допустимым значениям разряжения на выходе (количество фильтров при пробеге 10000 км – 22 шт. или 73%, при пробеге 20000 км – 23 шт. или 77%). И вторая – «умеренно» приближающаяся к максимально допустимым значениям разряжения на выходе (количество фильтров при пробеге 10000 км – 8 шт. или 27%, при пробеге 20000 км – 7 шт. или 23%). Построим зависимости изменения разряжений отдельно для этих двух подгрупп (рисунок 10). На рисунке приведены линии аппроксимирующих зависимостей  $y$  и величины достоверности аппроксимации  $R_2$ .

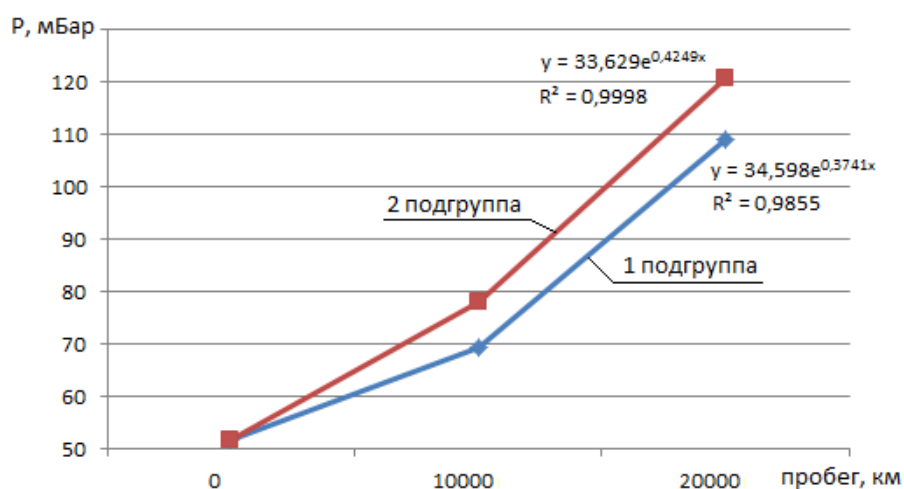


Рисунок 10 – Изменение средних значений разряжения на выходе фильтров для двух подгрупп в зависимости от пробега

Анализ приведенных зависимостей показывает, что существует возможность продления срока эксплуатации части фильтров (23...27% от общего количества) после установленного производителем срока их замены (10000 км) вплоть до 20000 км.

Приведенные данные позволяют водителю транспортного средства, находясь в кабине, контролировать остаточный ресурс фильтра тонкой очистки топлива, прогнозировать вероятность его отказа или дать рекомендации по замене фильтра непосредственно по показаниям калибратора давления "Метран" путем периодического включения электромагнитного клапана. При этом, разница в эксплуатационных затратах на систему очистки топлива системы Common Rail для парка из 20 транспортных средств только вследствие замены фильтров тонкой очистки топлива по предлагаемой методике, при пробеге транспортных средств, кратном 20000 км, составляет 12,5 тыс. руб.

### Список литературы

1. Стрелец, А. А. Устройство управления системой впрыска топлива типа "COMMONRAIL" дизельного двигателя [Текст] / А. А. Стрелец // Автомобильный транспорт (Харьков, ХНАДУ). – 2009. - № 25. - С. 37-39.
2. Техническое обслуживание. Системы впрыскивания дизельного топлива и управления двигателем. Система CommonRail фирмы Continental : Учебный курс [Электронный ресурс]. – 2010. – 37 с. – режим доступа : [http://vwts.ru/engine/diz\\_dvig\\_20\\_16\\_12\\_rus.pdf](http://vwts.ru/engine/diz_dvig_20_16_12_rus.pdf)
3. Пат. 113788 Российская Федерация, МПК F02M. Система контроля состояния фильтра двигателя внутреннего сгорания [Текст] / Бышов Н. В., Борычев С. Н Синицин П.С., Успенский И. А. ; заявитель и патентообладатель Рязанский гос. агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (RU). - № 2011129082/06 ; заявл. 14.07.2011 ; опубл. 27.02.2012, Бюл. № 6.
4. Пат. 120149 Российская Федерация, МПК F02M. Система контроля состояния фильтра двигателя внутреннего сгорания [Текст] / Бышов Н. В., Борычев С. Н Синицин П. С., Успенский И. А. ; заявитель и патентообладатель Рязанский гос. агротехнологический университет имени П. А. Костычева» (RU). - № 2012116803/28 ; заявл. 25.04.2012 ; опубл. 10.09.2012, Бюл. № 25.
5. Симдянкин, А. А. Методика оценки загрязненности фильтра тонкой очистки дизельного топлива / А. А. Симдянкин, И. А. Успенский, П. С. Синицин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный

ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – № 01(095). – С. 614 – 626. – IDA [article ID]: 0951401031. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/01/pdf/31.pdf>

#### References

1. Strelets, A. A. Ustroystvo upravleniya sistemoy vpryiska topliva tipa "COMMONRAIL" dizelnogo dvigatelya [Tekst] / A. A. Strelets // Avtomobilnyiy transport (Harkov, HNADU). – 2009. – # 25. – S. 37-39.
2. Tehnicheskoe obsluzhivanie. Sistemy vpryiskivaniya dizelnogo topliva i upravleniya dvigatelem. Sistema CommonRail firmy Continental : Uchebnyiy kurs [Elektronnyiy resurs]. – 2010. – 37 s. – rezhim dostupa : [http://vwts.ru/engine/diz\\_dvig\\_20\\_16\\_12\\_rus.pdf](http://vwts.ru/engine/diz_dvig_20_16_12_rus.pdf)
3. Pat. 113788 Rossiyskaya Federatsiya, MPK F02M. Sistema kontrolya sostoyaniya filtra dvigatelya vnutrennego sgoraniya [Tekst] / Byishov N. V., Boryichev S. N Sinitsin P.S., Uspenskiy I. A. ; zayavitel i pantentoobladatel Ryazanskiy gos. agrotehnologicheskiiy universitet imeni P.A. Kostyicheva» (RU). – # 2011129082/06 ; zayavl. 14.07.2011 ; opubl. 27.02.2012, Byul. # 6.
4. Pat. 120149 Rossiyskaya Federatsiya, MPK F02M. Sistema kontrolya sostoyaniya filtra dvigatelya vnutrennego sgoraniya [Tekst] / Byishov N. V., Boryichev S. N Sinitsin P. S., Uspenskiy I. A. ; zayavitel i pantentoobladatel Ryazanskiy gos. agrotehnologicheskiiy universitet imeni P. A. Kostyicheva» (RU). – # 2012116803/28 ; zayavl. 25.04.2012 ; opubl. 10.09.2012, Byul. # 25.
5. Simdyankin, A. A. Metodika otsenki zagryaznennosti filtra tonkoy ochistki dizelnogo topliva / A. A. Simdyankin, I. A. Uspenskiy, P. S. Sinitsin // Politematicheskiiy setevoy elektronnyiy nauchnyiy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyiy zhurnal KubGAU) [Elektronnyiy resurs]. – Краснодар: KubGAU, 2014. – # 01(095). – S. 614 – 626. – IDA [article ID]: 0951401031. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/01/pdf/31.pdf>