

УДК 621.43.068.4

05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ТОКСИЧНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ МОБИЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА

Нелидкин Александр Вячеславович
Аспирант
E-mail: sasha.desperado@gmail.com
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (ФГБОУ ВО РГАТУ) 390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, дом 1

Борычев Сергей Николаевич
доктор технических наук, профессор, почетный работник АПК России
РИНЦ SPIN-код= 9426-9897
E-mail: 89066486088@mail.ru
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (ФГБОУ ВО РГАТУ) 390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, дом 1

Олейник Дмитрий Олегович
кандидат технических наук, доцент
РИНЦ SPIN-код= 9929-7513
E-mail: oleynik_d_o@mail.ru
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (ФГБОУ ВО РГАТУ) 390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, дом 1

Во время работы мобильных энергетических средств (МЭС) установленные на них дизельные двигатели испытывают различные нагрузочные режимы. В связи с этим изменяется степень очистки отработавших газов (ОГ). Для оптимальной очистки ОГ двигателя требуется проанализировать величину газодинамического сопротивления нейтрализатора. Устройство для снижения токсичности отработавших газов дизельного двигателя подверглось лабораторным испытаниям с целью: [1]
– определить влияние нейтрализатора на топливно-экономические и мощностные показатели работы двигателя мобильного энергетического средства;
– выявить и изучить новые закономерности в

UDC 621.43.068.4

05.20.01 Technologies and Means of Agricultural Mechanization (Technical Science)

LABORATORY TESTS OF A DEVICE FOR REDUCING THE TOXICITY OF EXHAUST GASES FROM A DIESEL ENGINE OF A MOBILE POWER DEVICE

Nelidkin Alexander Vyacheslavovich
Postgraduate
E-mail: sasha.desperado@gmail.com
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev" (FSBEI HE RSATU) 390044, Russia, Ryazan, Kostycheva, 1

Borychev Sergey Nikolaevich
Doctor of Technical Science, Professor, honorary worker of the agro-industrial complex of Russia
RSCI SPIN-code=9426-9897
E-mail: 89066486088@mail.ru
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev" (FSBEI HE RSATU) 390044, Russia, Ryazan, Kostycheva., 1

Oleynik Dmitry Olegovich
Candidate of Technical Science, Associate Professor
RSCI SPIN-code=9929-7513
E-mail: oleynik_d_o@mail.ru
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev" (FSBEI HE RSATU) 390044, Russia, Ryazan, Kostycheva, 1

During the operation of mobile power devices (MPD), the diesel engines installed on them experience various load conditions. In this regard, the degree of purification of exhaust gases (EG) changes. For optimal cleaning of the engine exhaust gas, it is necessary to analyze the value of the gas-dynamic resistance of the neutralizer. The device for reducing the toxicity of diesel engine exhaust gases was subjected to laboratory tests in order to: [1]
- determine the effect of the neutralizer on the fuel-economic and power performance of the engine of a mobile power vehicle;
- identify and study new patterns in the operation of the neutralizer.
The proposed exhaust gas cleaning system installed on the D-240 engine of the MTZ-82 tractor does not

процессе работы нейтрализатора. Предлагаемая система очистки ОГ установленная на двигатель Д-240 трактора МТЗ-82, не значительно сказывается на ряде показателей:

- снижение производительности двигателя на 1,6%;
- увеличение удельного расхода топлива – 1,8%;
- снижение крутящего момента – 1,5%. [2].

Выявлены необходимые зависимости расхода топлива и степени очистки ОГ от токсичных и вредных компонентов от количества расхода нейтрализующего раствора. Данная система выпуска отработавших газов в значительной мере снижает токсичность ОГ, при этом в малой степени влияет на мощностные характеристики дизельного двигателя Д-240. В ходе экспериментов удалось добиться снижения концентрации:

- углеводородов на 14%;
- бенз(а)пирена на 18%;
- сажи на 22,4%. [3]

Ключевые слова: ТОКСИЧНОСТЬ, ДИЗЕЛЬНЫЕ ДВИГАТЕЛИ, ОЧИСТКА ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ, НЕЙТРАЛИЗАТОР, ИССЛЕДОВАНИЕ

significantly affect a number of indicators:

- a decrease in engine performance by 1.6%;
- increase in specific fuel consumption-1.8%;
- reduced torque – 1.5%. [2]

The necessary dependences of fuel consumption and the degree of purification of the exhaust gas from toxic and harmful components on the amount of consumption of the neutralizing solution are revealed. This exhaust system significantly reduces the toxicity of exhaust gases, while having a small effect on the power characteristics of the D-240 diesel engine. During the experiments, it was possible to reduce the concentration of:

- hydrocarbons by 14%;
- benz (a)pyrene at 18%;
- soot by 22.4%. [3]

Keywords TOXICITY, DIESEL, ENGINES EXHAUST GAS CLEANING, NEUTRALIZER, RESEARCH

DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-169-015>

Во время работы мобильных энергетических средств (МЭС) установленные на них дизельные двигатели испытывают различные нагрузочные режимы. В связи с этим изменяется степень очистки отработавших газов (ОГ). Для оптимальной очистки ОГ двигателя требуется проанализировать величину газодинамического сопротивления нейтрализатора.

Устройство для снижения токсичности ОГ дизельного двигателя подверглось лабораторным испытаниям с целью:

- определить влияние нейтрализатора на топливно-экономические и мощностные показатели работы двигателя мобильного энергетического средства;

- выявить и изучить новые закономерности в процессе работы нейтрализатора.

Поставлены следующие задачи:

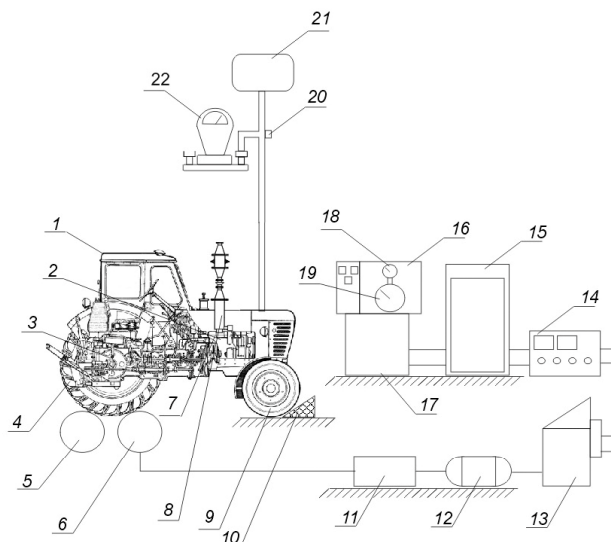
- в рамках лаборатории получить характеристики дизельного двигателя Д-240 трактора МТЗ-82.
- определить токсичность ОГ с заводской системой выпуска.
- изучить показатели эффективности работы доработанной системы выпуска отработавших газов;
- изучить особенности объединения мелких диспергированных частиц и улавливание сажевых частиц в нейтрализаторе. [3].

Программа исследований включает в себя определение ряда показателей:

- изменение количества токсичных веществ в ОГ дизельного двигателя от объема нейтрализующего раствора;
- изменение количества токсичных веществ в ОГ в нейтрализаторе с изменением режимов работы дизельного двигателя;
- вычисление потери мощности двигателя с установленным нейтрализатором.

Методика исследований

Для исследования был выбран двигатель Д-240. Испытания проводились в лаборатории на базе ФГБОУ ВО РГАТУ им. П.А. Костычева. Трактор с данным двигателем устанавливался на диагностический стенд КИ-8927.



1 – трактор МТЗ-82; 2 – двигатель Д-240; 3 – трансмиссия; 4 – колесо ведущее; 5 – барабан опорный; 6 – барабан ведущий; 7 – штатная выпускная система; 8 – доработанная система выпуска ОГ; 9 – колесо трактора ведомое; 10 – лоток упорный; 11 – редуктор; 12 – машина балансирная; 13 – реостат нагрузочный КИ-8935 6546; 14 – пульт управления; 15 – шкаф силовой; 16 – блок контролирующих приборов; 17 – диагностический стенд для колесных тракторов КИ-8927; 18 – тахометр; 19 – динамометр; 20 – трехходовой клапан; 21 – расходная емкость с топливом; 22 – расходомер СИРТ-1.[2]

Рисунок 1 – Общий вид лабораторной установки



Рисунок 2 – Вид лабораторной установки при испытаниях двигателя трактора.

Результаты исследований и их обсуждение

Было проведено несколько экспериментов. Замерены и рассчитаны ряд показателей как со штатной системой выпуска, так и доработанной. Эксперименты проходили приближенные к условиям эксплуатации дизельных двигателей. Данные результаты и графические зависимости представлены на рисунках 3, 4, 5.

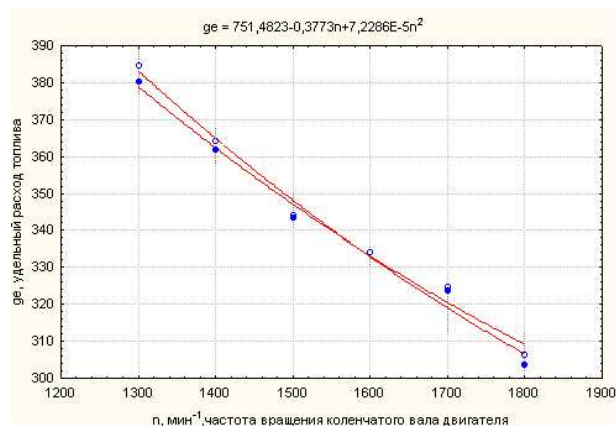


График изменения развиваемых оборотов коленчатого вала двигателя в зависимости от изменения удельного расхода топлива g_e при работе с заводской и доработанной системами выпуска.

- Заводская система $g_e = 751,4823 - 0,3773 \cdot n + 7,2286E - 5n^2$
- Доработанная система $g_e = 760,3931 - 0,3818 \cdot n + 7,3143E - 5n^2$

Рисунок 3 – Зависимость g_e .

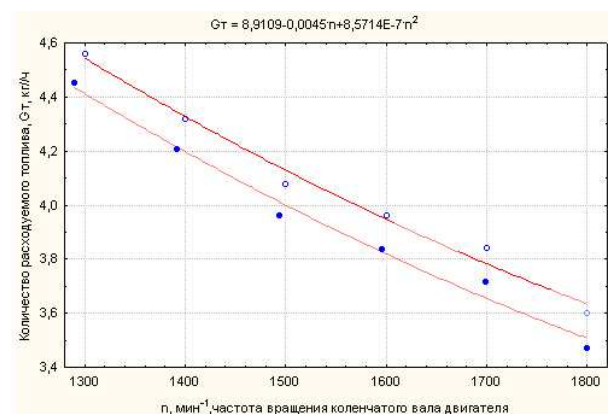


График изменения развиваемых оборотов коленчатого вала двигателя в зависимости от изменения количества расходуемого топлива G_t при работе с заводской и доработанной системами выпуска отработавших газов.

- Заводская система $G_t = 8,9109 - 0,0045 \cdot n + 8,5741E - 7n^2$
- Доработанная система $G_t = 8,0891 - 0,0046 \cdot n + 8,7429E - 7n^2$

Рисунок 4 – Зависимость G_t .

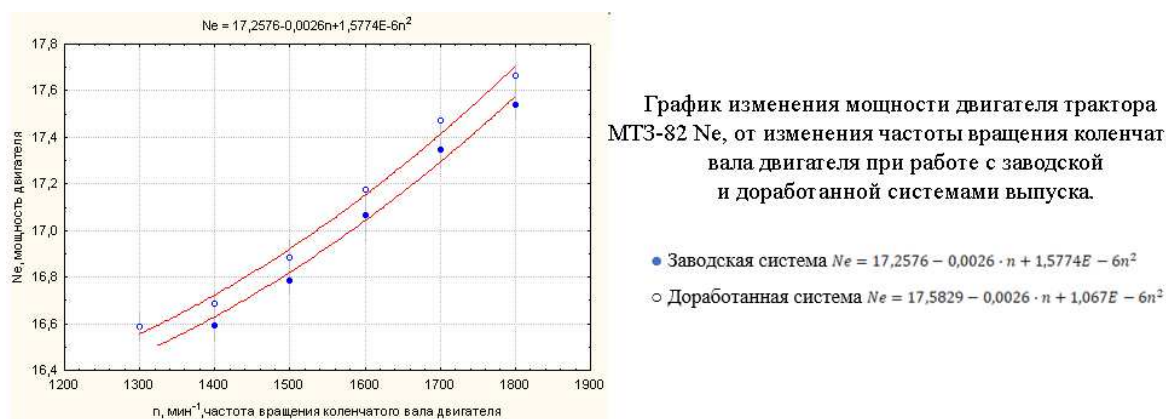


Рисунок 5 – Зависимость N_e .

Обработав графики g_e , G_t , N_e , можно сделать вывод о том, что измененная система выпуска отработавших газов в малой степени влияет на мощностные характеристики дизельного двигателя.

Результаты:

- снижение производительности двигателя на 1,6%;
- увеличение удельного расхода топлива – 1,8%;
- снижение крутящего момента – 1,5%. [4,5].

Во время проведения лабораторных испытаний, определяющих изменение токсичности ОГ, зависимым фактором являлось продолжительность времени впрыска нейтрализующего раствора. Снятие характеристик дизеля трактора происходило в режиме свободного ускорения.

Проведя работу над полученными данными в ходе экспериментов, была получена закономерность токсичности ОГ от количество нейтрализующего раствора.

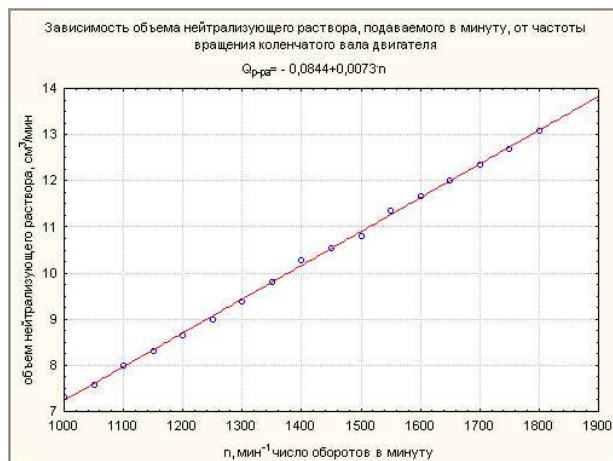


График зависимости расхода нейтрализующего раствора, при средней длительности подачи 15 мс., от частоты вращения коленчатого вала двигателя.

$$Q_{p-pa} = -0,0844 + 0,0073 \cdot n$$

Рисунок 6 – Длительность подачи раствора 15мс.

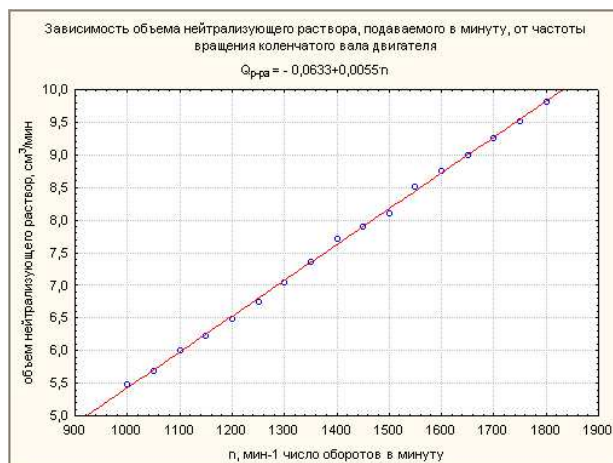


График зависимости расхода нейтрализующего раствора, при средней длительности подачи 20 мс., от частоты вращения коленчатого вала двигателя.

$$Q_{p-pa} = -0,0633 + 0,0055 \cdot n$$

Рисунок 7 – Длительность подачи раствора 20мс.

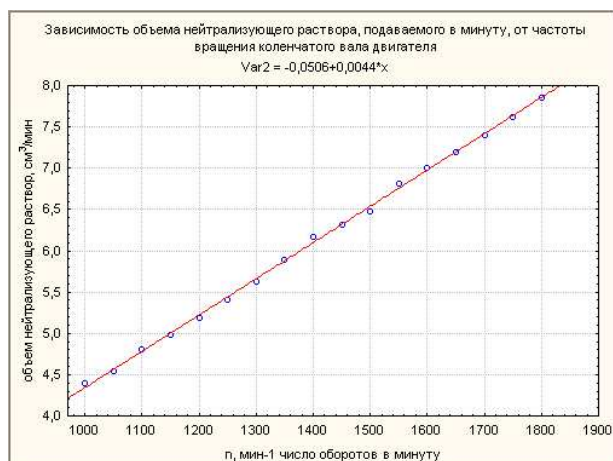


График зависимости расхода нейтрализующего раствора, при средней длительности подачи 25 мс., от частоты вращения коленчатого вала двигателя.

$$Q_{p-pa} = -0,0506 + 0,0044 \cdot n$$

Рисунок 8 – Длительность подачи раствора 25мс.

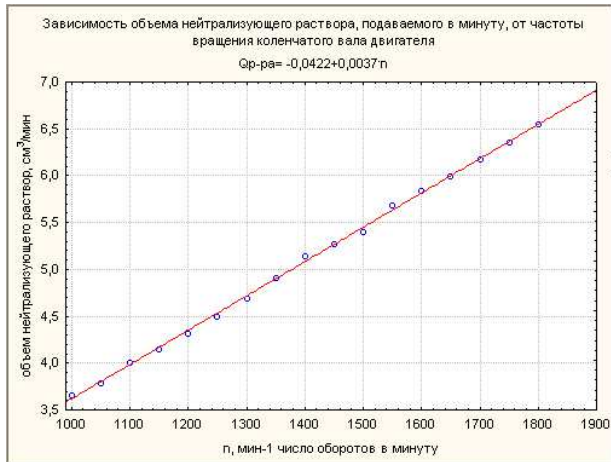


График зависимости расхода нейтрализующего раствора, при средней длительности подачи 30 мс., от частоты вращения коленчатого вала двигателя.

$$Q_{p-рo} = -0,0422 + 0,0037 \cdot n$$

Рисунок 9 – Длительность подачи раствора 30мс.

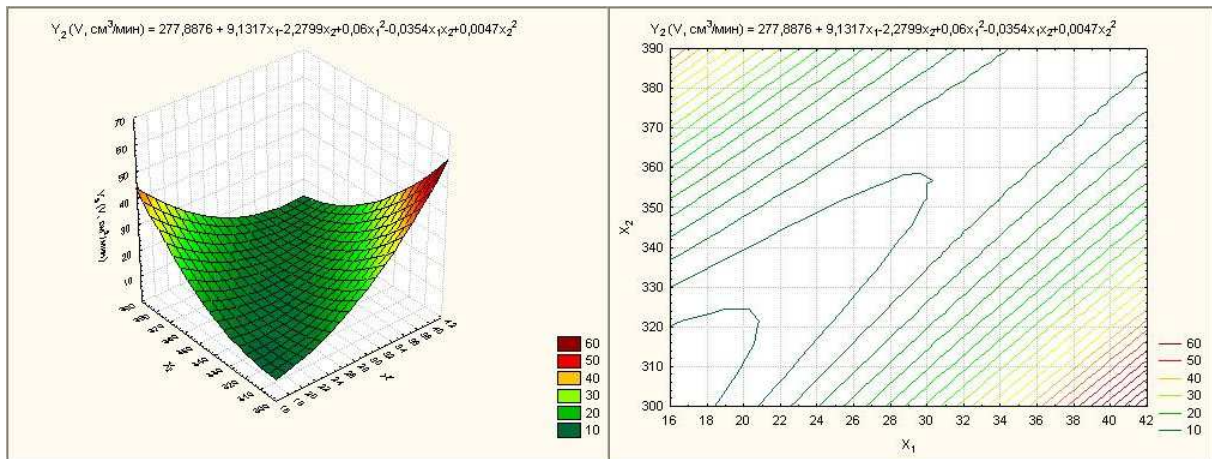


График зависимости расхода нейтрализующего раствора, от расхода топлива и степени очистки ОГ от оксида углерода.

$$Q_{p-рo} (\text{см}^3/\text{мин}) = 277,8876 + 9,1317N - 2,2799g_e + 0,06N^2 - 0,0354Ng_e + 0,0047g_e^2$$

Рисунок 10 – Очистка ОГ от оксида углерода

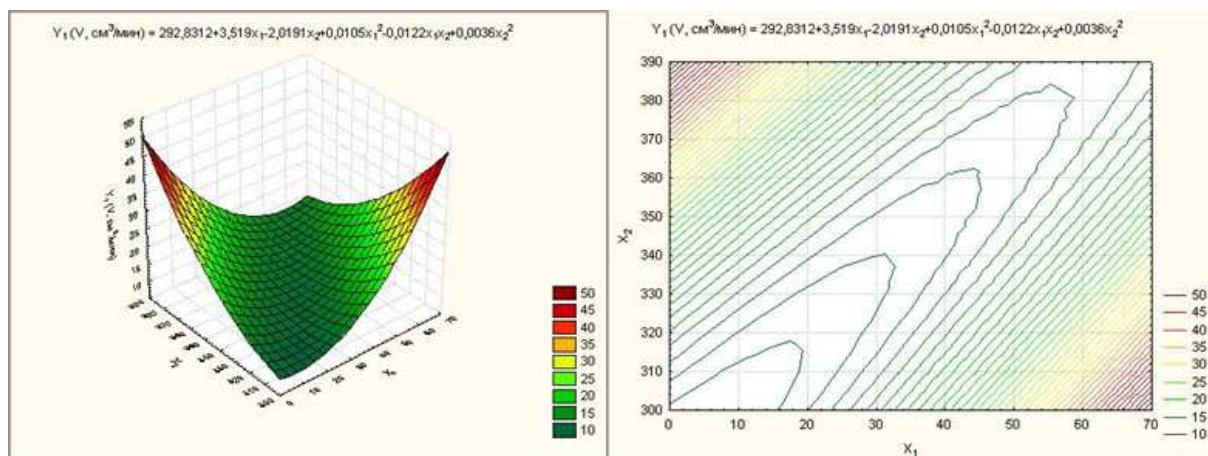


График зависимости расхода нейтрализующего раствора, от расхода топлива и степени очистки отработавших газов от окислов азота.

$$Q_{p-pa}(\frac{см^3}{мин}) = 292,8312 + 3,519 N - 2,0191 g_{\epsilon} + 0,0105 N^2 - 0,0122 N g_{\epsilon} + 0,0036 g_{\epsilon}^2$$

Рисунок 11 – Очистка ОГ от окислов азота.

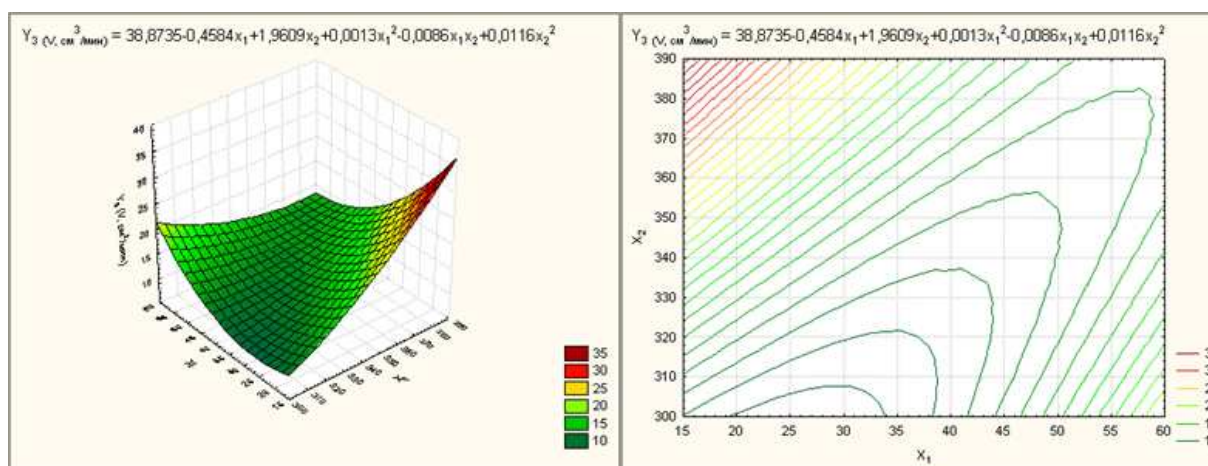


График зависимости расхода нейтрализующего раствора, от расхода топлива и степени очистки отработавших газов от сажи.

$$Q_{p-pa}(\frac{см^3}{мин}) = 38,8735 - 0,4584 g_{\epsilon} + 1,9609 N + 0,0013 g_{\epsilon}^2 - 0,0086 N g_{\epsilon} + 0,0116 N^2$$

Рисунок 12 – Очистка ОГ от сажи.

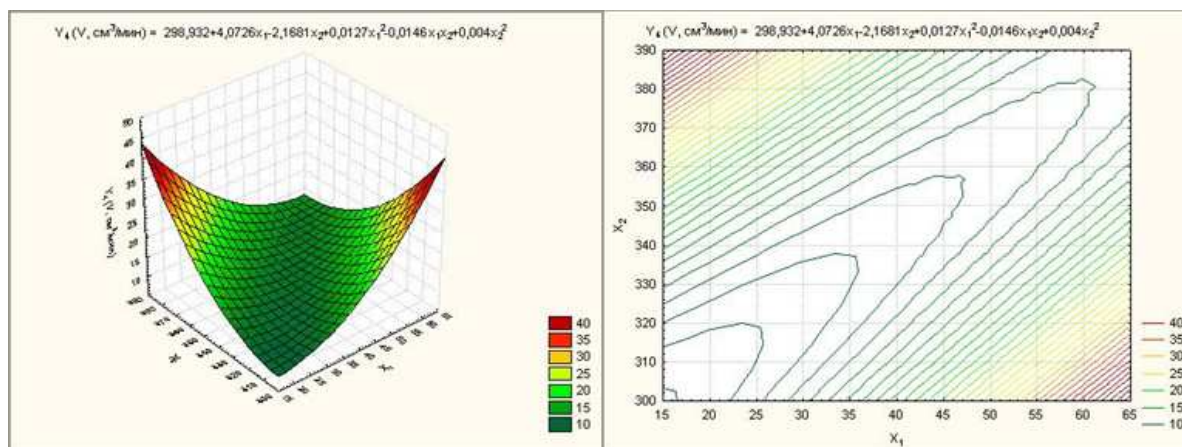


График зависимости расхода нейтрализующего раствора, от расхода топлива и степени очистки отработавших газов от углеводородов.

$$Q_{p-pa} \left(\frac{cm^3}{min} \right) = 298,932 + 4,0726 N - 2,1681 g_e + 0,0127 N^2 - 0,0146 N g_e + 0,004 g_e^2$$

Рисунок 13 – Очистка ОГ от углеводородов.

Выводы

Предлагаемая система очистки ОГ установленная на двигатель Д-240 трактора МТЗ-82, не значительно сказывается на ряде показателей:

- снижение производительности двигателя на 1,6%;
- увеличение удельного расхода топлива – 1,8%;
- снижение крутящего момента – 1,5%,

Выявлены необходимые зависимости расхода топлива и степени очистки ОГ от токсичных и вредных компонентов от количества расхода нейтрализующего раствора. Данная система выпуска отработавших газов в значительной мере снижает токсичность ОГ, при этом в малой степени влияет на мощностные характеристики дизельного двигателя Д-240.

В ходе экспериментов удалось добиться снижения концентрации:

- углеводородов на 14%;
- бенз(а)пирена на 18%;
- сажи на 22,4%. [2, 6, 7].

Список литературы

1. Method and device for reducing the toxicity of diesel engine exhaust gases/ N.V. Byshov, A.N. Bachurin, I.Yu. Bogdanchikov [и др.]. – Текст: непосредственный.//International Journal of Engineering and Technology (UAE) 7 (4.36 Special Issue 36). – 2018. С. 920-928. - Рез. Англ. – Библиогр.: с. 927-928 (32 назв.)
2. Олейник Д.О. Способ и устройство снижения токсичности отработавших газов дизельных двигателей [Текст] : дис. канд. техн. Наук / Олейник Дмитрий Олегович – 05.20.01 Рязань, РГАТУ, 2009.
3. Олейник, Д.О. Нейтрализатор для очистки отработавших газов дизельных двигателей [Текст] / Д.О. Олейник // Ежемесячный научный журнал «Молодой ученый». – 2009. – № 5. – с.9 – 13. ISSN 2072-0297
4. ГОСТ 17.2.2.05. Атмосфера. Нормы и методы определения выбросов вредных веществ с ОГ дизелей, тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин [Текст]. – Введ. 1999–07–01. – М.: Изд-во стандартов, 1999.
5. Тришкин И.Б. Жидкостные нейтрализаторы (теория. конструкции. расчет) : монография / И.Б. Тишкин, Д.О. Олейник, О.О. Максименко. – Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2013 – 130 с. - ISBN –5 –Текст: непосредственный.
6. Заявка на патент 2020143035 Российская Федерация. Устройство для очистки отработавших газов двигателей внутреннего сгорания Текст / Бышов Н.В. Олейник Д.О. Нелидкин А.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО РГАТУ имени П.А. Костычева (РУ).
7. ГОСТ 17.2.2.05. Атмосфера. Нормы и методы определения выбросов вредных веществ с ОГ дизелей, тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин [Текст]. – Введ. 1999–07–01. – М.: Изд-во стандартов, 1999.

References

1. Method and device for reducing the toxicity of diesel engine exhaust gases/ N.V. Byshov, A.N. Bachurin, I.Yu. Bogdanchikov [i dr.]. – Tekst: neposredstvennyj.//International Journal of Engineering and Technology (UAE) 7 (4.36 Special Issue 36). – 2018. С. 920-928. - Rez. Angl. – Bibliogr.: s. 927-928 (32 nazv.)
2. Olejnik D.O. Sposob i ustrojstvo snizhenija toksichnosti otrabotavshih gazov dizel'nyh dvigatelej [Tekst] : dis. kand. tehn. Nauk / Olejnik Dmitrij Olegovich – 05.20.01 Rjazan', RGATU, 2009.
3. Olejnik, D.O. Nejtralizator dlja ochistki otrabotavshih gazov dizel'nyh dvigatelej [Tekst] / D.O. Olejnik // Ezhemesjachnyj nauchnyj zhurnal «Molodoj uchenyj». – 2009. – № 5. – s.9 – 13. ISSN 2072-0297
4. GOST 17.2.2.05. Atmosfera. Normy i metody opredelenija vybrosov vrednyh veshhestv s OG dizelej, traktorov i samohodnyh sel'skohozjajstvennyh mashin [Tekst]. – Vved. 1999–07–01. – M.: Izd-vo standartov, 1999.
5. Trishkin I.B. Zhidkostnye nejtralizatory (teorija. konstrukcii. raschet) : monografija / I.B. Tishkin, D.O. Olejnik, O.O. Maksimenko. – Rjazan': FGBOU VPO RGATU, 2013 – 130 s. - ISBN –5 –Текст: neposredstvennyj.
6. Zajavka na patent 2020143035 Rossijskaja federacija. Ustrojstvo dlja ochistki otrabotavshih gazov dvigatelej vnutrennego sgoranija [Tekst] / Byshov N.V. Olejnik D.O. Nelidkin A.V.; zajavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO RGATU imeni P.A. Kostycheva (RU).
7. GOST 17.2.2.05. Atmosfera. Normy i metody opredelenija vybrosov vrednyh veshhestv s OG dizelej, traktorov i samohodnyh sel'skohozjajstvennyh mashin [Tekst]. – Vved. 1999–07–01. – M.: Izd-vo standartov, 1999.