

УДК 651.28:35

UDC 651.28:35

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

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

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАКТОРОВ MTZ-82.1

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF MTZ- 82.1 TRACTORS

Пуляев Николай Николаевич
кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры тракторов и автомобилей
РИНЦ SPIN-код: 1436-9093
WoS ResearcherID: Q-1349-2017
Scopus AuthorID: 57217654354
e-mail: pullman-mpt@mail.ru
*Российский государственный аграрный
университет – МСХА имени К.А. Тимирязева;
127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49*

Pulyaev Nikolay Nikolaevich
Candidate of technical sciences, associate professor,
Associate Professor, Department of Tractors and
Automobiles
RSCI SPIN-Code: 1436-9093
WoS ResearcherID: Q-1349-2017
Scopus AuthorID: 57217654354
email: pullman-mpt@mail.ru
*Russian State Agrarian University – Moscow
Timiryazev Agricultural Academy, 127434, Russia,
Moscow, Timiryazevskaya, 49*

Павлов Александр Сергеевич
аспирант кафедры тракторов и автомобилей
РИНЦ SPIN-код: 3865-9273
WoS ResearcherID: -
Scopus AuthorID: -
e-mail: dadyshok@mail.ru
*Российский государственный аграрный
университет – МСХА имени К.А. Тимирязева;
127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49*

Pavlov Alexander Sergeevich
postgraduate student of the Department of Tractors
and Automobiles
RSCI SPIN Code: 3865-9273
WoS ResearcherID: -
Scopus AuthorID: -
email: dadyshok@mail.ru
*Russian State Agrarian University – Moscow
Timiryazev Agricultural Academy, 127434, Russia,
Moscow, Timiryazevskaya, 49*

В работе представлен экспериментальный анализ экологических показателей тракторов MTZ-82.1 с двигателями Д-243. Исследование проводилось с использованием газоанализатора-дымомера «Инфракрас Д 1.01». Были получены характеристики выбросов оксидов азота (NOx), оксида углерода (CO), диоксида углерода (CO₂) и углеводородов (CH) при различных режимах работы двигателей. Исследование позволяет оценить экологические показатели тракторов MTZ-82.1 и выявить необходимость корректировки параметров работы двигателей для соответствия нормативным требованиям. Заключение указывает на то, что экологические показатели по вредным выбросам практически не соответствуют регламентам, установленным в ТР ТС 031/2012

The article presents an experimental analysis of environmental performance of MTZ-82.1 tractors with D-243 engines. The study was conducted using the Infracar D 1.01 smoke analyzer and smoke meter. The emission characteristics of nitrogen oxides (NOx), carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂) and hydrocarbons (CH) were obtained under various engine operating modes. The study allows us to evaluate the environmental performance of MTZ-82.1 tractors and identify the need to adjust engine operating parameters to meet regulatory requirements. The conclusion indicates that the environmental performance of harmful emissions practically does not correspond to the regulations established in TR CU 031/2012

Ключевые слова: ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ, ВРЕДНЫЕ ВЫБРОСЫ, ТРАКТОРЫ, ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ УГЛА ВПРЫСКА ТОПЛИВА НА КОНЦЕНТРАЦИЮ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ, ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ВПРЫСКА ТОПЛИВА НА КОНЦЕНТРАЦИЮ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

Keywords: ENVIRONMENTAL INDICATORS, HARMFUL EMISSIONS, TRACTORS, INFLUENCE OF CHANGING THE FUEL INJECTION ANGLE ON THE CONCENTRATION OF HARMFUL SUBSTANCES, INFLUENCE OF CHANGING THE DURATION OF FUEL INJECTION ON THE CONCENTRATION OF HARMFUL SUBSTANCES

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-211-071>

<http://ej.kubagro.ru/2025/07/pdf/71.pdf>

Введение. В последние десятилетия производители сельскохозяйственных тракторов были вынуждены устанавливать всё более строгие ограничения на выбросы отработавших газов двигателей. Аналогично автомобильному сектору, некоторые директивы РФ определили ограничения на выбросы оксидов азота (NO_x), оксида углерода (CO), твёрдых частиц (РТ) и углеводородов (СН), введя контроль выбросов для внедорожной техники [1].

В отечественном сельскохозяйственном секторе фермерские хозяйства характеризуются широким спектром состава парка техники. Эта структура варьируется от ферм, оснащённых недоиспользуемой и устаревшей техникой, до агрохолдингов, оснащённых современной и модернизированной техникой, оснащённой новейшими технологиями. Лизинговые компании также играют важную роль в этой структуре, поскольку они располагают современной техникой, которая позволяет сельхозтоваропроизводителям выполнять работы быстро и эффективно [2,3]. Такая изменчивость используемой сельскохозяйственной техники затрудняет эффективную количественную оценку выбросов загрязняющих веществ в зависимости от возрастной структуры машинно-тракторного парка.

Цель исследований. Целью работы является экспериментальный анализ экологических показателей тракторов МТЗ-82.1.

Условия и методы. Согласно Решению Совета Евразийской экономической комиссии (ЕЭК) от 29.10.2021 № 127 [4] в Технический регламент Таможенного союза «О безопасности сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторов и прицепов к ним» (ТР ТС 031/2012) [5] внесены существенные изменения, касающиеся требований к экологическому уровню двигателей, работающих как на дизельном топливе, так и на газовом. Так, срок действия требований для двигателей

диапазонов мощности E1, E2, F, G и D – до 01.09.2023, а для двигателей диапазонов мощности H, I, J и K – с 01.09.2023 (табл. 1) [6].

Таблица 1. Двигатели, работающие на дизельном топливе [4]

Диапазон мощности	Диапазон мощности двигателя, кВт	Удельный выброс, г/(кВт·ч)			
		оксида углерода CO	углеводородов CH	оксидов азота NO _x	твердых частиц PT
E1	130 - 156	3,5	1,0	6,0	0,2
E2	156 - 560	3,5	4,0		0,2
F	75 - 130	5,0	1,0	6,0	0,3
G	37 - 75	5,0	1,3	7,0	0,4
D	19 - 37	5,5	1,5	8,0	0,8
H	130 - 560	3,5	4,0		0,2
I	75 - 130	5,0	4,0		0,3
J	37 - 75	5,0	4,7		0,4
K	19 - 37	5,5	7,5		0,6

За объекты исследования приняты два трактора МТЗ-82.1 оснащенные двигателями Д-243, один из которых эксплуатировался с 2024 г., обозначенный далее Д1, а второй с 2014 г., обозначенный далее Д2. Исследования проводились на базе кафедры тракторов и автомобилей Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева.

Для определения показателей вредных выбросов использовался Инфраклар Д 1.01 – газоанализатор-дымомер для измерения дымности отработавших газов дизельных двигателей. Порядок проведения испытаний регламентировался по ГОСТ 17.2.2.05-97.

Результаты исследований. В результате исследования получены характеристики выбросов оксидов азота (NO_x), оксида углерода (CO), диоксида углерода (CO₂) и углеводородов (CH) представленные на рисунках 1-4.

Как видно из графика на рисунке 1 При увеличении нагрузки дизелей выбросы NO_x монотонно растут со 80 ppm до ~170 ppm в условиях

номинальной нагрузки. Аналогично растут со 190 ppm до ~520 ppm на режимах холостого хода.

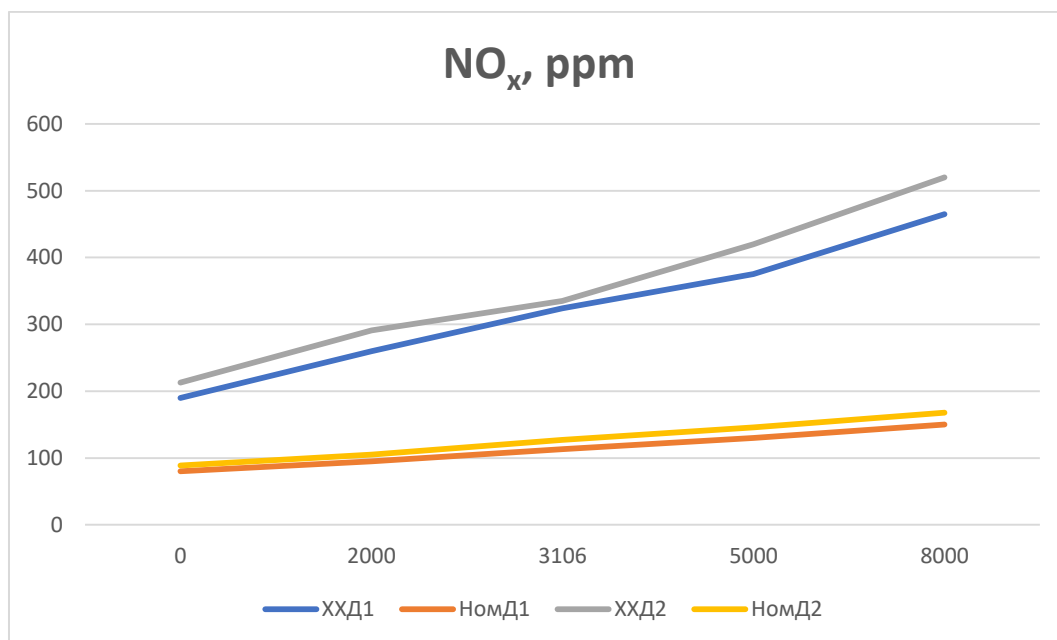


Рисунок 1 – Влияние наработки двигателя на концентрацию NO_x на режимах холостого хода и номинальном.

Выбросы диоксида углерода CO₂ представленные на рисунке 2 демонстрируют наиболее высокие показатели двигателя Д2 на режиме холостого хода со значением 32%.

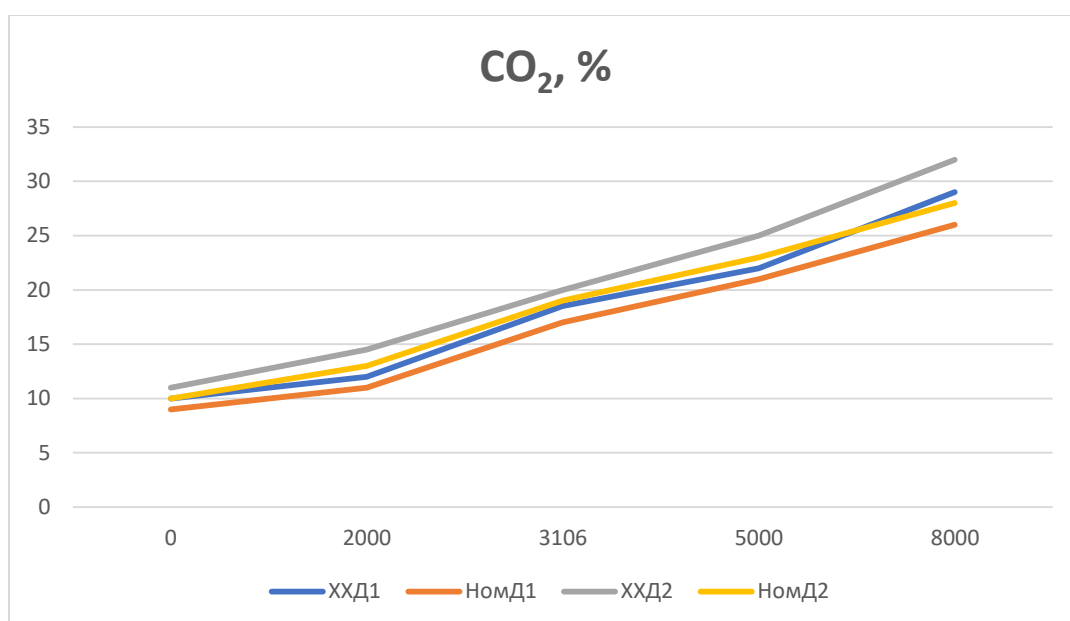


Рисунок 2 – Влияние наработки двигателя на концентрацию CO₂ на режимах холостого хода и номинальном.

Практически идентичная характеристика выбросов СН для двигателей с различной наработкой на режиме холостого хода заключается в резком увеличении на холостом ходу до 30% нагрузки и дальнейшей стабилизации их значений в условиях средней и номинальной нагрузки (рисунок 3) [7,8]. Максимальный удельный выброс, зафиксированный в условиях номинальной нагрузки СН, составил ~105 ppm.

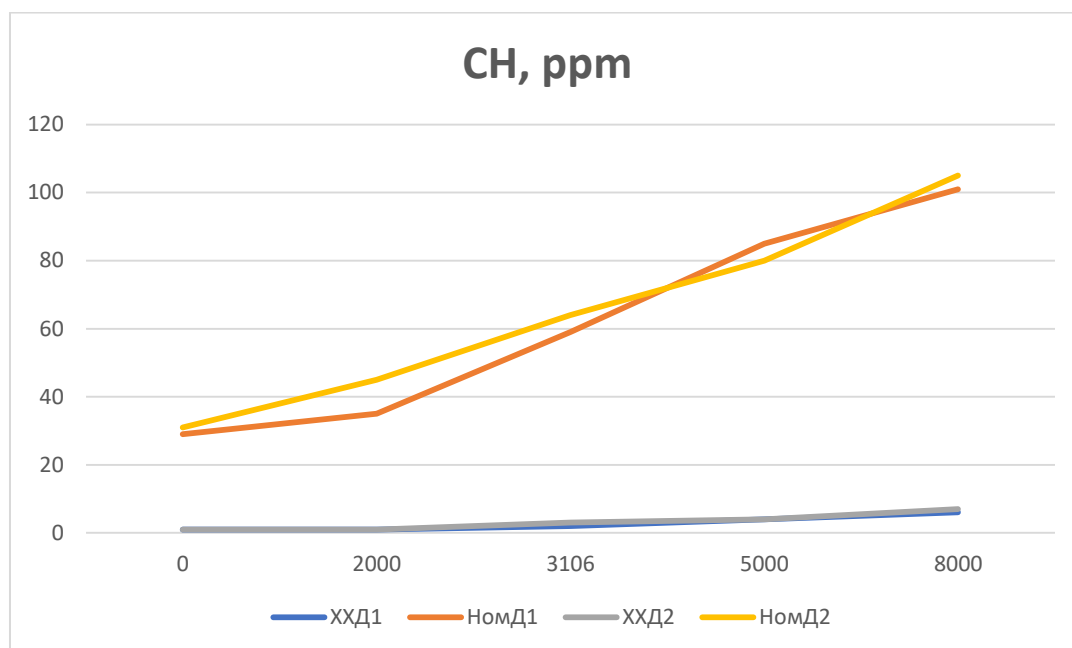


Рисунок 3 – Влияние наработки двигателя на концентрацию СН на режимах холостого хода и номинальном.

Уровень выбросов СО в режимах низкой и средней нагрузки одинаков при эксплуатации дизелей Д-243 с наработкой Д1 - 17 мото*ч, и Д2 - 460 мото*ч (рисунок 4). При нагрузке более 60-70% у двигателя с наименьшей наработкой снижены выбросы СО на ~10-15% по сравнению с дизелем Д2. Максимальный удельный выброс, зафиксированный в условиях номинальной нагрузки СО, составил ~220 ppm.

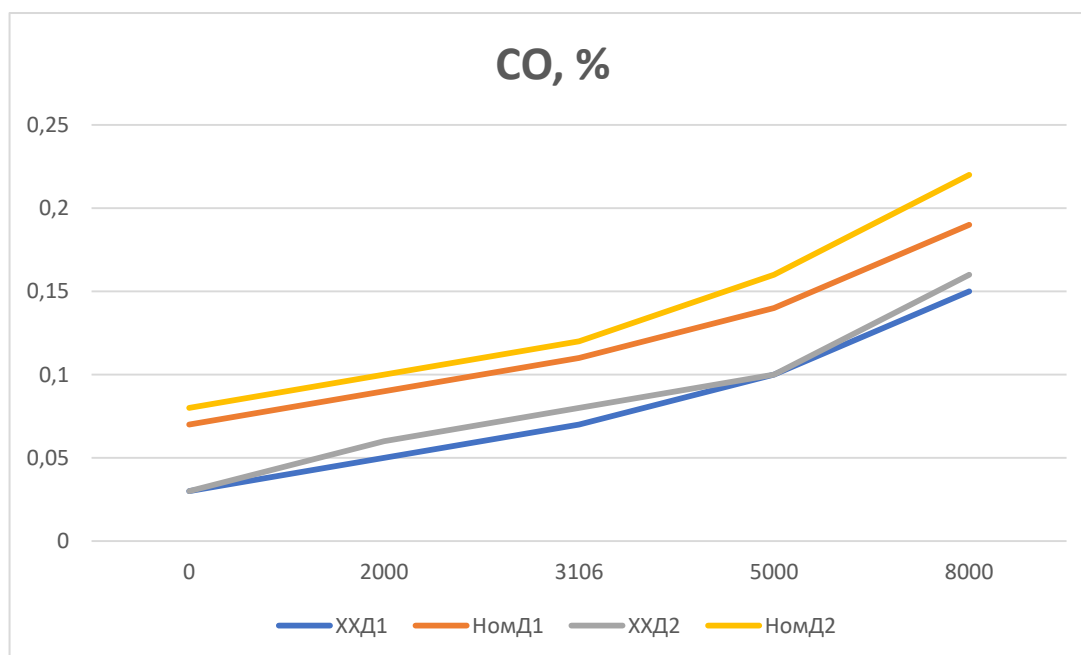


Рисунок 4 – Влияние наработки двигателя на концентрацию СО на режимах холостого хода и номинальном.

Для определения комплексных исследований экологических показателей для двигателя Д1 показателей соответствия нормативным показателям представленным в таблице 1 проводились дополнительные исследования влияния изменения угла впрыска топлива на концентрацию вредных веществ на режиме номинальной мощности (рисунок 5) и влияние изменения продолжительности впрыска топлива на концентрацию вредных веществ на режиме номинальной мощности (рисунок 6)

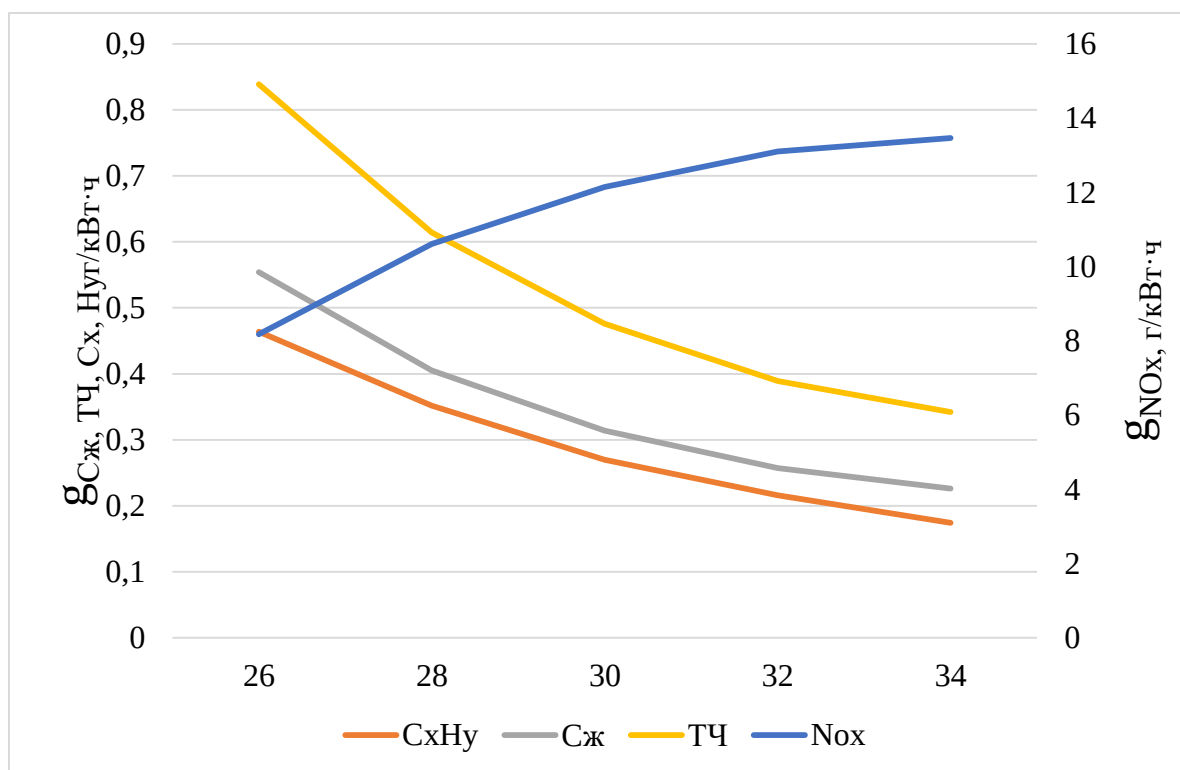


Рисунок 5 – Влияние изменения угла впрыска топлива на концентрацию вредных веществ на режиме номинальной мощности.

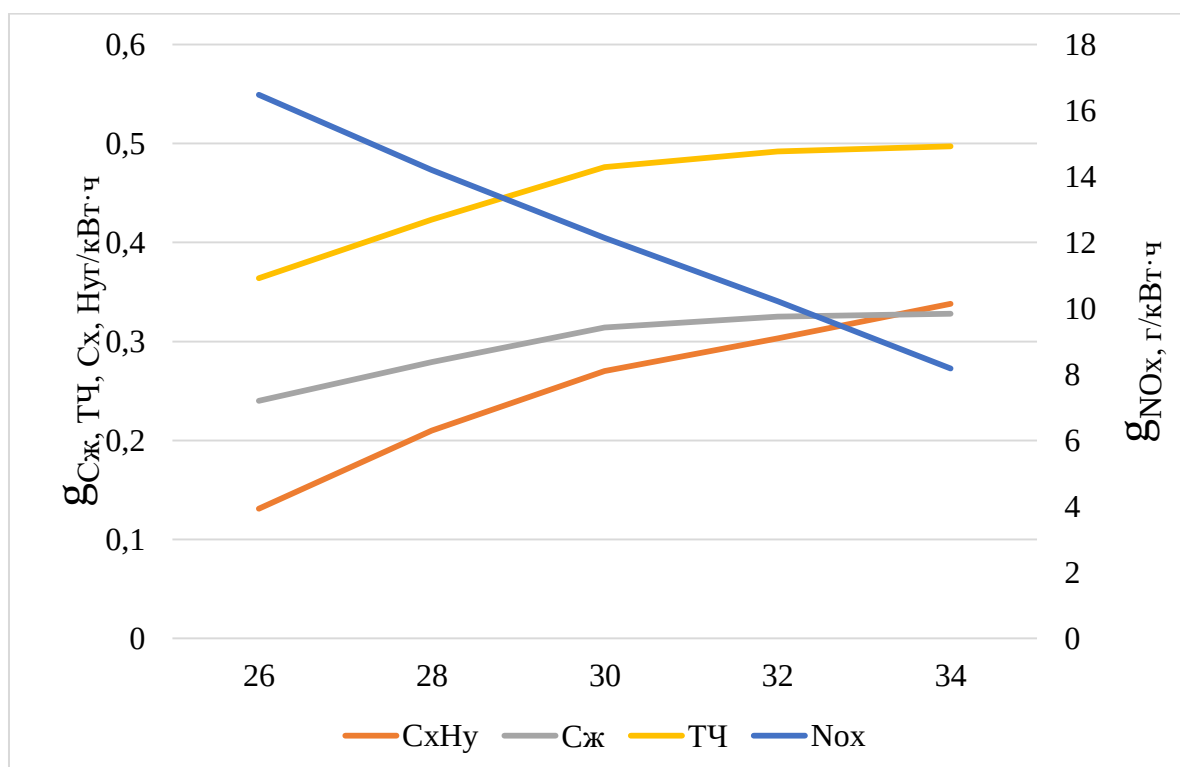


Рисунок 6 – Влияние изменения продолжительности впрыска топлива на концентрацию вредных веществ на режиме номинальной мощности.

Анализируя графики представленные на рисунках 5 и 6 и таблицу 1, можно сделать вывод что показатели по вредным выбросам не соответствуют нормативным показателям. Так минимальная концентрация оксидов азота (NO_x) превышает норматив на $3,3 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$, а максимальная на $12,3 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$. Удельный выброс твердых частиц превышает нормативные показатель $0,4 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$ при влиянии изменения угла впрыска топлива на концентрацию вредных веществ на режиме номинальной мощности до 32° , а также на влиянии изменения продолжительности впрыска топлива на концентрацию вредных веществ на режиме номинальной мощности от $0,423$ до $0,497 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$.

Заключение. В соответствии с вышеизложенным можно сделать следующее заключение:

1. По результатам исследования влияния зависимости наработки тракторов МТЗ-82.1 в технически исправном состоянии на экологические показатели вредных выбросов определено, что диапазон отклонения составил не более 15%.

2. Исследования влияния изменения угла впрыска от 26 до 34 градусов топлива на концентрацию твердых частиц на режиме номинальной мощности показывает диапазон от $0,342$ до $0,614 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$; выбросы оксидов азота от $8,177$ до $13,466 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$; сажи от $0,226$ до $0,405 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$; углеводородов от $0,174$ до $10,68 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$.

3. Исследования влияния изменения продолжительности впрыска топлива при изменении угла впрыска от 26 до 34 градусов на концентрацию твердых частиц на режиме номинальной мощности составляет от $0,423$ до $0,497 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$; оксидов азота от $8,181$ до $14,192 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$; сажи от $0,279$ до $0,328 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$; углеводородов от $0,21$ до $0,338 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$.

4. Экологические показатели по вредным выбросам практически не соответствуют регламенту «О безопасности сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторов и прицепов к ним» (ТР ТС 031/2012).

Список литературы

1. Critical Impacts of Advanced Technology in Certification of Vehicle Repair and Maintenance Facilities in Agrifood Systems / A. S. Guzalov, E. S. Schnaras, E. G. Ivakina [et al.] // *Unlocking Digital Transformation of Agricultural Enterprises. Technology Advances, Digital Ecosystems, and Innovative Firm Governance*. – Cham : Springer, 2023. – P. 167-175.
2. Дидманидзе, О. Н. Формирование подхода к созданию цифрового двойника трактора сельскохозяйственного назначения / О. Н. Дидманидзе, Н. Н. Пуляев, А. С. Гузалов // *Известия Международной академии аграрного образования*. – 2022. – № 61. – С. 33-37.
3. Пуляев, Н. Н. Методика создания цифровых двойников трактора на основе имитационных моделей / Н. Н. Пуляев, А. С. Павлов, А. В. Куриленко // *Чтения академика В. Н. Болтинского*, Москва, 25–26 января 2023 года. Том 2. – Москва: ООО «Сам полиграфист», 2023. – С. 50-55.
4. Кульчицкий А.Р. О новых требованиях к экологическим показателям сельскохозяйственных тракторов в Таможенном союзе // *Тракторы и сельхозмашины*. - 2022. - Т. 89. - №3. - С. 167-174. doi: 10.17816/0321-4443-106047
5. Совет Евразийской экономической комиссии. О внесении изменений в технический регламент Таможенного союза «О безопасности сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторов и прицепов к ним» (ТР ТС 031/2012). Решение от 29 октября 2021 г. № 127. Москва: ЕЭК, 2021.
6. Совет Евразийской экономической комиссии. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторов и прицепов к ним» (ТР ТС 031/2012). Решение от 20 июля 2012 г. № 60. Москва: ЕЭК, 2012.
7. Тракторы и самоходные комбайны сельскохозяйственного назначения с низким углеродным следом : Аналитический обзор / В. Я. Гольяпин, В. Ф. Федоренко, А. В. Коломейченко, Н. Н. Пуляев. – Москва : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2024. – 92 с. – ISBN 978-5-7367-1808-5.
8. Оценка технического состояния машины по данным ее системы управления / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, Н. Н. Пуляев // *Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар*, Москва, 20–21 января 2021 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Сам Полиграфист", 2021. – С. 10-19.

References

1. Critical Impacts of Advanced Technology in Certification of Vehicle Repair and Maintenance Facilities in Agrifood Systems / A. S. Guzalov, E. S. Schnaras, E. G. Ivakina [et al.] // *Unlocking Digital Transformation of Agricultural Enterprises. Technology Advances, Digital Ecosystems, and Innovative Firm Governance*. – Cham : Springer, 2023. – P. 167-175.
2. Didmanidze, O. N. Formirovanie podhoda k sozdaniju cifrovogo dvojnika traktora sel'skohozjajstvennogo naznachenija / O. N. Didmanidze, N. N. Puljaev, A. S. Guzalov // *Izvestija Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovanija*. – 2022. – № 61. – S. 33-37.

3. Puljaev, N. N. Metodika sozdaniya cifrovyyh dvoynikov traktora na osnove imitacionnyh modelej / N. N. Puljaev, A. S. Pavlov, A. V. Kurilenko // Chteniya akademika V. N. Boltinskogo, Moskva, 25–26 janvarja 2023 goda. Tom 2. – Moskva: OOO «Sam poligrafist», 2023. – S. 50-55.

4. Kul'chickij A.R. O novyyh trebovaniyah k jekologicheskim pokazateljam sel'skohozjajstvennyh traktorov v Tamozhennom sojuze // Traktory i sel'hoz mashiny. - 2022. - T. 89. - №3. - С. 167-174. doi: 10.17816/0321-4443-106047

5. Sovet Evrazijskoj jekonomicheskoj komissii. O vnesenii izmenenij v tehničeskij reglament Tamozhennogo sojuza «O bezopasnosti sel'skohozjajstvennyh i lesohozjajstvennyh traktorov i pricepov k nim» (TR TS 031/2012). Reshenie ot 29 oktjabrja 2021 g. № 127. Moskva: EJeK, 2021.

6. Sovet Evrazijskoj jekonomicheskoj komissii. Tehničeskij reglament Tamozhennogo sojuza «O bezopasnosti sel'skohozjajstvennyh i lesohozjajstvennyh traktorov i pricepov k nim» (TR TS 031/2012). Reshenie ot 20 ijulja 2012 g. № 60. Moskva: EJeK, 2012.

7. Traktory i samohodnye kombajny sel'skohozjajstvennogo naznachenija s nizkim uglerodnym sledom : Analitičeskij obzor / V. Ja. Gol'tjapin, V. F. Fedorenko, A. V. Kolomejchenko, N. N. Puljaev. – Moskva : Rossijskij nauchno-issledovatel'skij institut informacii i tehniko-jekonomičeskijh issledovanij po inženerno-tehničeskomu obespečeniju agropromyšlennogo kompleksa, 2024. – 92 s. – ISBN 978-5-7367-1808-5.

8. Ocenka tehničeskogo sostojanija mashiny po dannym ee sistemy upravlenija / V. I. Truhachev, O. N. Didmanidze, S. N. Devjanin, N. N. Puljaev // Chteniya akademika V. N. Boltinskogo : seminar, Moskva, 20–21 janvarja 2021 goda. – Moskva: Obshhestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju "Sam Poligrafist", 2021. – S. 10-19.