

УДК 631.372

## **УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАКТОРА ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА СКЛАДАХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

Лиханов В.А., доктор технических наук, профессор  
E-mail: lihanov.va@mail.ru

Анфилатов А.А., кандидат технических наук, доцент  
E-mail: anfilatov001@mail.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Вятский государственный агротехнологический университет»  
г. Киров, Россия

Аннотация. Представлены результаты исследований применения в тракторном дизеле воды и углеводородного активатора для снижения выбросов оксидов азота и оксида углерода с отработавшими газами. На основании проведенных на складе минеральных удобрений эксплуатационных исследований установлена возможность снижения содержания токсичных компонентов в атмосферном воздухе рабочей зоны и сокращения времени до повторного прохода трактора для выполнения погрузочно-разгрузочных работ.

Ключевые слова: атмосферный воздух, трактор, тракторный дизель, отработавшие газы, токсичность, оксиды азота, оксид углерода, вода, углеводородный активатор, рабочая зона, склад.

## **IMPROVING THE ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF A TRACTOR FOR USE IN MINERAL FERTILIZERS WAREHOUSES**

Likhanov V.A., doctor of technical sciences, professor  
E-mail: lihanov.va@mail.ru

Anfilatov A.A., candidate of technical sciences, associate professor  
E-mail: anfilatov001@mail.ru

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Vyatka State Agrotechnological University», Kirov, Russia

Annotation. The article presents the results of studies on using water and a hydrocarbon activator in a tractor diesel engine to reduce emissions of nitrogen oxides and carbon monoxide with the exhaust gases. Based on the operational studies carried out at a mineral fertilizer warehouse, the authors have defined the possibility of reducing the content of toxic components in the atmospheric air and reducing the time before a tractor re-passes.

Keywords: atmospheric air, tractor, tractor diesel, exhaust gases, toxicity, nitrogen oxides, carbon monoxide, water, hydrocarbon activator, working area, warehouse.



Анализируя работы по разработке и исследованию средств и способов снижения токсичности и дымности отработавших газов дизельных двигателей (инженерно-технических средств охраны труда и окружающей среды (ИТС)), установленных на тракторах, и мобильных энергетических средств с точки зрения использования их в агропромышленном комплексе, установлено, что такие средства позволяют значительно улучшить экологические показатели атмосферного воздуха в рабочей зоне и окружающей среды и выполнять работы с использованием тракторов в животноводческих комплексах, крытых производственных помещениях, складах минеральных удобрений и теплицах [1, 2, 3, 4].

В Вятском государственном агротехнологическом университете на базе кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов были проведены работы по разработке и исследованию инженерно-технических средств охраны труда и окружающей среды на дизеле Д-21А1 трактора Т-25А класса 6 кН при эксплуатации на животноводческом комплексе. В качестве инженерно-технических средств при исследовании использовались углеводородный активатор и вода. Подача углеводородного активатора и воды во впускной трубопровод с помощью карбюратора для дизеля Д-21А1 позволила в значительной степени снизить содержание в ОГ оксидов азота ( $\text{NO}_x$ ) – наиболее токсичного компонента.

Для проверки влияния рассмотренных средств снижения токсичности на содержание токсичных компонентов в атмосферном воздухе были проведены эксплуатационные испытания на складе минеральных удобрений ёмкостью 2000 тонн одного из хозяйств Орловского района Кировской области. Для выявления закономерностей, связанных с температурой окружающей среды, и



особенностей эксплуатации в зимнее время эксперимент проводился дважды: при температуре окружающей среды  $0^{\circ}\text{C}$  и  $+25^{\circ}\text{C}$ .

Замеры производились: до прохода трактора Т-25А с дизелем Д-21А1, работающего на дизельном топливе, при проходе трактора, работающего на дизельном топливе с подачей воды на впуске, и при проходе трактора с подачей углеводородного активатора на впуске.

Замеры производились в воздухе рабочей зоны склада минеральных удобрений по ГОСТ 12.1.005-88 [5] в зоне выброса отработавших газов трактора на расстоянии 1,5 м от обреза выхлопной трубы в трёх точках склада на одинаковом расстоянии друг от друга. Воздух анализировался на содержание  $\text{NO}_x$  и  $\text{CO}$  с помощью экспресс-метода газоопределителем ГХ-4 по ГОСТ 12.1.014-84 [6]. Главные ворота склада в момент отбора проб были закрыты. После каждого прохода трактора производилось проветривание помещения в течение 20 мин. Трактор Т-25А работал на разгрузке минеральных удобрений с самосвальным тракторным прицепом 1-ПТС2,0. Пробы воздуха отбирались одновременно двумя газоопределителями ГХ-4.

Результаты эксперимента по влиянию инженерно-технических средств охраны труда и окружающей среды на динамику содержания токсичного компонента в атмосферном воздухе склада минеральных удобрений после прохода трактора Т-25А для  $\text{NO}_x$  в летний ( $+25^{\circ}\text{C}$ ) и зимний ( $0^{\circ}\text{C}$ ) периоды представлены на рисунке 1.

Результаты эксперимента, полученные по содержанию в воздухе рабочей зоны оксидов азота, показывают (рисунок 1), что при проходе трактора Т-25А с дизелем Д-21А1, работающим на дизельном топливе, в складе минеральных удобрений содержание токсичного компонента в атмосферном воздухе значительно возрастает и достигает для  $\text{NO}_x$  – 28,5-29,6  $\text{мг/м}^3$  в летнее время и 30,5-31,6  $\text{мг/м}^3$  в зимнее.



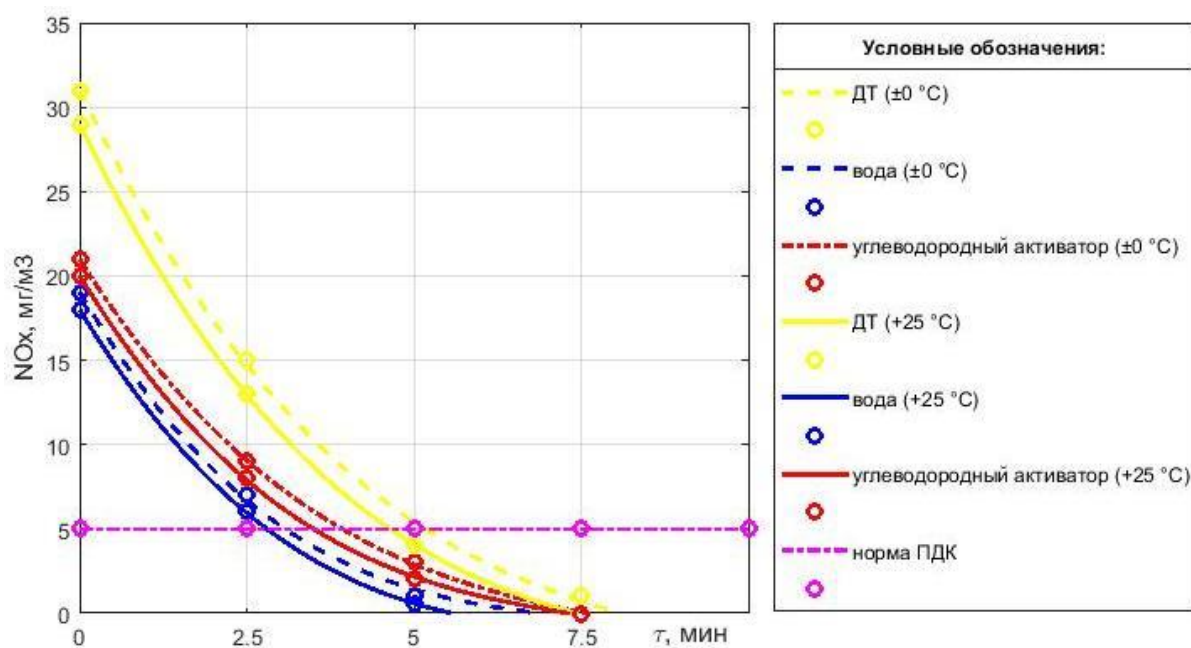


Рисунок 1 – Влияние подачи воды и углеводородного активатора во впускной трубопровод дизеля Д-21А1 трактора Т-25А на динамику содержания оксидов азота в атмосферном воздухе склада минеральных удобрений

При проходе трактора Т-25А с дизелем Д-21А1, работающим на дизельном топливе с подачей воды на впуске, содержание  $\text{NO}_x$  в атмосферном воздухе рабочей зоны снижается и составляет 20,6-21,5  $\text{мг/м}^3$  при температуре воздуха  $+25^\circ\text{C}$  и 21,7-22,6  $\text{мг/м}^3$  при температуре  $0^\circ\text{C}$ .

После прохода трактора Т-25А с дизелем Д-21А1, работающим на дизельном топливе и с подачей углеводородного активатора на впуске, содержание  $\text{NO}_x$  в атмосферном воздухе склада минеральных удобрений снижается ещё существеннее и составляет в летнее время 18,3-20,3  $\text{мг/м}^3$  и 19,9-21,6  $\text{мг/м}^3$  в зимнее время.

В процентном отношении снижение содержания оксидов азота в воздухе склада минеральных удобрений составляет в летнее и зимнее время при эксплуатации трактора Т-25А с дизелем Д-21А1, работающим на дизельном топливе с подачей воды на впуске, 27-28%; трактора Т-25А с дизелем Д-21А1,



работающим на дизельном топливе и с подачей углеводородного активатора на впуске, 30-31% летом и 31-36% зимой.

Результаты эксперимента по влиянию инженерно-технических средств охраны труда и окружающей среды на динамику содержания токсичного компонента в атмосферном воздухе склада минеральных удобрений после прохода трактора Т-25А для СО в летний (+25°C) и зимний (0°C) периоды представлены на рисунке 2.

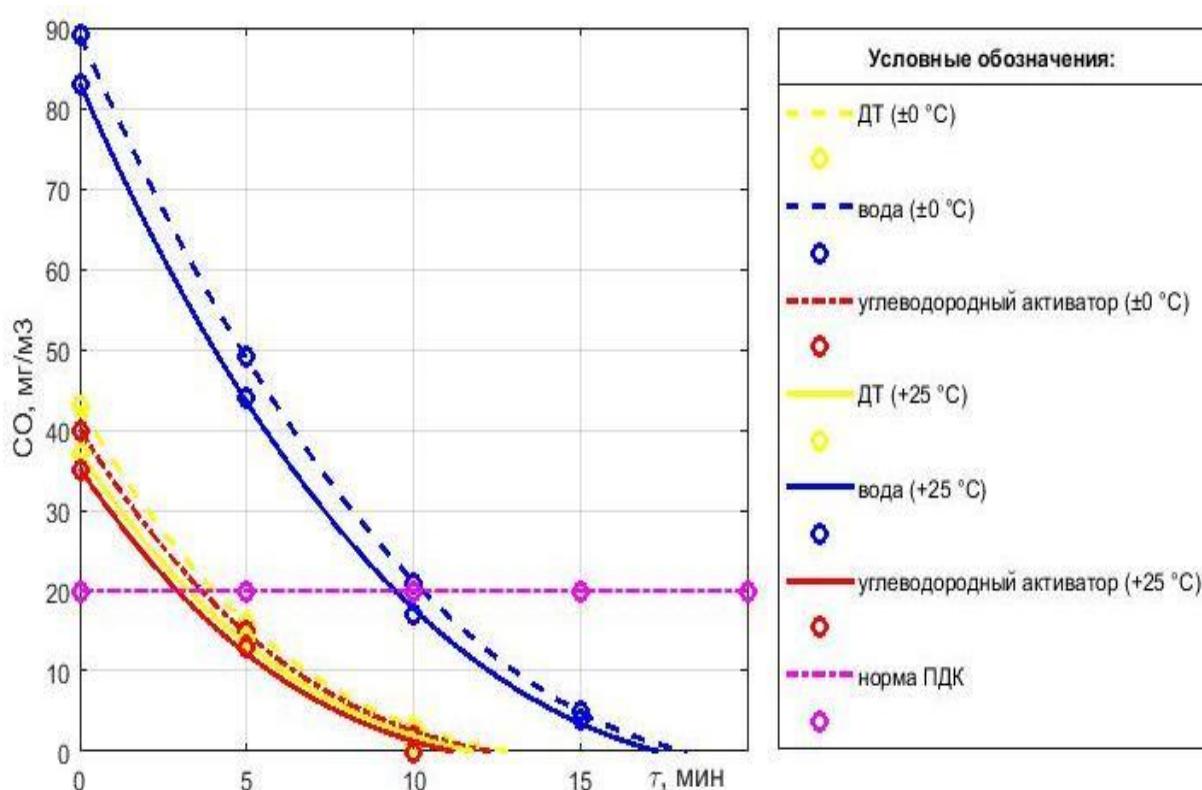


Рисунок 2 – Влияние подачи воды и углеводородного активатора во впускной трубопровод дизеля Д-21А1 трактора Т-25А на динамику содержания оксида углерода в атмосферном воздухе склада минеральных удобрений

После прохода трактора Т-25А с дизелем Д-21А1, работающим на дизельном топливе, содержание оксида углерода в воздухе рабочей зоны склада минеральных удобрений в процессе составляет 39,7-40,1 мг/м<sup>3</sup> летом и 41,6-42,3 мг/м<sup>3</sup> зимой.



После прохода трактора Т-25А с дизелем Д-21А1, работающим на дизельном топливе с подачей воды на впуске, содержание СО в воздухе рабочей зоны составляет 83,5-84,0 мг/м<sup>3</sup> летом и 87,6-89,6 мг/м<sup>3</sup> зимой.

После прохода трактора Т-25А с дизелем Д-21А1, работающим на дизельном топливе и с подачей углеводородного активатора на впуске, содержание СО в атмосферном воздухе рабочей зоны склада составляет 34,5-35,5 мг/м<sup>3</sup> летом и 40,0-40,5 мг/м<sup>3</sup> зимой.

Обобщенные зависимости, построенные по измерениям в 3 точках склада минеральных удобрений, наглядно показывают, как изменяется содержание токсичного компонента в функции от времени, прошедшем с момента прохода трактора с дизелем, работающим на дизельном топливе с подачей воды на впуске и дизельном топливе с подачей углеводородного активатора на впуске, а также работающему только на дизельном топливе.

Анализ полученных зависимостей показывает, что на период времени, необходимый для снижения содержания токсичных компонентов в атмосферном воздухе склада минеральных удобрений до первоначальной нормы, существенное значение имеет зимний или летний периоды.

Так, в зимний период время, необходимое для возвращения концентрации NO<sub>x</sub> до первоначальной, после прохода трактора с дизелем, работающим только на дизельном топливе без применения инженерно-технических средств, составляет (рисунок 1) 8,0 мин., а в летний период уже 7,5 мин.

За время зимнего периода время нормализации по содержанию NO<sub>x</sub> до контрольного уровня в воздухе рабочей зоны после прохода трактора с дизелем, работающим на дизельном топливе с подачей воды на впуске, составляет 6,0 мин., а в летний период – 5,5 мин.

В зимний период время нормализации по NO<sub>x</sub> в воздухе до контрольного уровня после прохода трактора с дизелем, работающим на дизельном топливе с подачей углеводородного активатора на впуске, 5,5 мин., а в летний – 5,0 мин.



Время, необходимое для возвращения концентрации СО в атмосферном воздухе склада минеральных удобрений до первоначальной после прохода трактора, имеет существенные отличия (рисунок 2).

Так, в зимний период время, необходимое для возвращения концентрации СО до первоначальной, после прохода трактора с дизелем, работающим только на дизельном топливе без применения инженерно-технических средств, составляет 12,5 мин. В условиях летнего периода – только 11 мин.

За время зимнего периода время нормализации по содержанию СО до контрольного уровня в воздухе рабочей зоны склада после прохода трактора с дизелем, работающим на дизельном топливе с подачей воды на впуске, составляет 12,5 мин., а в условиях летнего периода – 11 мин.

В зимний период время нормализации по содержанию СО до контрольного уровня после прохода трактора с дизелем, работающим на дизельном топливе с подачей углеводородного активатора на впуске, 18,0 мин., а в условиях летнего периода – 17,5 мин.

Исходя из полученных экспериментальных данных, необходимо ограничивать время до повторного заезда трактора на склад минеральных удобрений с целью предупреждения повышения содержания токсичных компонентов значительно выше допустимых.

Определяющим компонентом отработавших газов, влияющим на продолжительность периода времени, необходимого для возвращения его концентрации до первоначального уровня, является оксид углерода. Так, максимальное время нормализации по содержанию токсичных компонентов до контрольного уровня после прохода трактора для оксидов азота составляет 8,0 мин., то по оксиду углерода уже 18 мин.

На основании экспериментальных данных делаем вывод, что необходимо ограничивать время до повторного заезда трактора Т-25А с дизелем Д-21А1, работающим на дизельном топливе, в склад минеральных удобрений до 12,5



мин., а время до повторного прохода трактора Т-25А с дизелем Д-21А1, работающим на дизельном топливе и с подачей углеводородного активатора на впуске, – до 28 мин.

С учетом действующих ПДК ( $5 \text{ мг/м}^3$  для  $\text{NO}_x$  и  $20 \text{ мг/м}^3$  для СО) время для повторного заезда трактора Т-25А с дизелем Д-21А1, работающим на дизельном топливе, в склад минеральных удобрений можно ограничить до 4 мин. по  $\text{NO}_x$ , трактора Т-25А с дизелем Д-21А1, работающим на дизельном топливе и с подачей углеводородного активатора на впуске, – до 10 мин. по СО и для трактора Т-25А с дизелем Д-21А1, работающим на дизельном топливе и с подачей воды, – до 3,0 мин.

Выводы. Эксплуатационные исследования инженерно-технических средств охраны труда и окружающей среды в виде углеводородного активатора и воды во впускной трубопровод с помощью карбюратора для дизеля Д-21А1 трактора Т-25А показали возможность в значительной степени снизить содержание токсичных компонентов в атмосферном воздухе склада минеральных удобрений при выполнении погрузочно-разгрузочных работ.

Вместе с тем при работе тракторов на складе минеральных удобрений необходимо ограничить время до повторного прохода в связи со значительным повышением содержания токсичных компонентов в атмосферном воздухе.

#### Список источников

1. Лиханов В. А., Сайкин А. М. Снижение токсичности автотракторных дизелей : монография. М. : Агропромиздат, 1991. 208 с.
2. Study of indicators of the working process of tractor diesel when working on ethanol and rapeseed oil / V. A. Likhanov, O. P. Lopatin, A. S. Yurlov, N. S. Anfilatova // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 839. 2021. 052054.



3. Лиханов В. А., Лопатин О. П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля с турбонаддувом путем применения природного газа // Тракторы и сельхозмашины. 2010. № 1. С. 11–13.
4. Лиханов В. А., Лопатин О. П., Шишканов Е. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путем их рециркуляции // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 9. С. 8–9.
5. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 29.09.88 № 3388М : дата введения 1989-01-01. М. : Стандартиформ, 2008. 49 с.
6. ГОСТ 12.1.014-84. Система стандартов безопасности труда. Воздух рабочей зоны. Метод измерения концентраций вредных веществ индикаторными трубками : межгосударственный стандарт : издание официальное : введен Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 14 декабря 1984 г. № 4362 : дата введения 1986-01-01. М. : Стандартиформ, 2010. 8 с.

