

УДК 631.372

УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАКТОРА ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ

Лиханов В.А., доктор технических наук, профессор

E-mail: lihanov.va@mail.ru

Юрлов А.С., кандидат технических наук, доцент

E-mail: amadeus_92@mail.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Вятский государственный агротехнологический университет»,
г. Киров, Россия

Аннотация. Представлены результаты исследований применения в тракторном дизеле в качестве инженерно-технических средств охраны труда и окружающей среды воды и углеводородного активатора для снижения выбросов оксидов азота и оксида углерода с отработавшими газами. На основании проведенных на животноводческом комплексе эксплуатационных исследований установлена возможность снижения содержания токсичных компонентов в атмосферном воздухе и сокращения времени до повторного прохода трактора.

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

IMPROVING THE ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF A TRACTOR FOR OPERATING ON LIVESTOCK BREEDING COMPLEXES

Likhanov V.A., doctor of technical sciences, professor

E-mail: lihanov.va@mail.ru

Yurlov A.S., candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: amadeus_92@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 the tractor diesel as engineering and technical means of labor and environmental protection to reduce emissions of nitrogen oxides and carbon monoxide with exhaust gases. Based on the operational studies carried out at the livestock breeding complex, 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: tractor, tractor diesel, exhaust gases, toxicity, nitrogen oxides, carbon monoxide, water, hydrocarbon activator, working area.



Проблема загрязнения окружающей среды токсичными компонентами, содержащимися в отработавших газах (ОГ) двигателей внутреннего сгорания (ДВС), является одной из наиболее актуальных в современном мире. Суммарное количество вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу двигателями автотракторной техники, более чем в три раза превосходит выбросы промышленных предприятий. При этом в основном колёсные и гусеничные машины комплектуются дизелями. В ОГ дизелей, работающих на нефтяном топливе, присутствует более 280 токсичных компонентов [1].

Разработка новых способов и технологий, направленных на улучшение экологических и энергетических показателей автотракторных средств и изучение различных видов топлива и добавок к ним, используемых различными способами по показателям экологической эффективности, в первую очередь снижению содержания оксидов азота (NO_x) – наиболее токсичного компонента и оксида углерода (СО) в ОГ дизелей, может стать серьезным шагом в ускорении развития и применения альтернативных моторных топлив [2, 3].

Рассматривая работы по разработке и исследованию инженерно-технических средств охраны труда и окружающей среды на тракторах с точки зрения использования их в агропромышленном комплексе, установлено, что такие средства позволяют значительно улучшить экологические показатели воздуха и окружающей среды и выполнять работы с использованием тракторов в животноводческих комплексах, крытых производственных помещениях, складах и теплицах [4, 5, 6].

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 тракторах класса 6 кН при эксплуатации на животноводческом комплексе. В качестве инженерно-технических средств



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.

Для проверки влияния предложенных средств снижения токсичности на содержание токсичных компонентов в атмосферном воздухе были проведены эксплуатационные испытания на животноводческом комплексе 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 °С и +25°С.

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 животноводческой фермы по ГОСТ 12.1.005-88 [7] в зоне выброса отработавших газов трактора на расстоянии 1,5 м от обреза выхлопной трубы. Отбор проб производился в 5 точках коровника на одинаковом расстоянии друг от друга. Воздух анализировался на содержание NO_x и СО с помощью экспресс-метода газоопределителем ГХ-4 по ГОСТ 12.1.014-84 [8]. Главные ворота фермы и окна в момент отбора проб были закрыты. После каждого прохода трактора производилось проветривание помещения в течение 20 мин. Трактор Т-25А работал на раздаче кормов в агрегате с мобильным раздатчиком кормов РММ-5,0. Пробы воздуха отбирались одновременно двумя газоопределителями ГХ-4.

Результаты эксперимента по влиянию инженерно-технических средств охраны труда и окружающей среды, применённые на дизеле Д-21А1 трактора



Т-25А, на содержание оксидов азота в атмосферном воздухе животноводческой фермы в летний (+25°C) стойловый период представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты эксперимента по определению влияния подачи углеводородного активатора и воды на впуске дизеля Д-21А1 трактора Т-25А на содержание токсичных компонентов в атмосферном воздухе животноводческой фермы при температуре окружающей среды +25°C

Условия опыта	Компоненты ОГ	Размерность	Точки замера				
			1	2	3	4	5
До прохода трактора	NO _x	мг/м ³	3,10	2,70	2,05	2,05	2,25
	СО	мг/м ³	-	-	-	-	-
После прохода трактора	NO _x	мг/м ³	30,80	41,00	36,95	36,95	32,85
	СО	мг/м ³	43,70	35,00	43,70	25,00	43,70
После прохода трактора с подачей воды на впуске	NO _x	мг/м ³	22,55	30,80	22,55	22,55	28,70
	СО	мг/м ³	43,70	43,70	43,70	25,0	43,70
После прохода трактора с подачей углеводородного активатора на впуске	NO _x	мг/м ³	20,50	20,50	16,40	12,30	24,60
	СО	мг/м ³	93,70	93,70	87,50	62,50	93,70

Результаты эксперимента по влиянию инженерно-технических средств охраны труда и окружающей среды, применённые на дизеле Д-21А1 трактора Т-25А, на содержание оксидов азота в атмосферном воздухе животноводческой фермы в зимний (0°C) стойловый период представлен в таблице 2.

Из результатов эксперимента видно, что еще до прохода трактора с дизелем, работающим на дизельном топливе, в воздухе животноводческой фермы находится значительное количество оксидов азота до 3,1 мг/м³.



Таблица 2 – Результаты эксперимента по определению влияния подачи углеводородного активатора и воды на впуске дизеля Д-21А1 трактора Т-25А на содержание токсичных компонентов в атмосферном воздухе животноводческой фермы при температуре окружающей среды 0°С

Условия опыта	Компоненты ОГ	Размерность	Точки замера				
			1	2	3	4	5
До прохода трактора	NO _x	мг/м ³	4,90	4,40	3,80	3,80	4,00
	CO	мг/м ³	-	-	-	-	-
После прохода трактора	NO _x	мг/м ³	40,50	50,60	45,60	45,65	41,50
	CO	мг/м ³	48,30	40,50	48,60	31,00	48,70
После прохода трактора с подачей воды на впуске	NO _x	мг/м ³	32,00	40,90	31,45	31,45	37,60
	CO	мг/м ³	48,35	48,35	48,60	31,00	48,70
После прохода трактора с подачей углеводородного активатора на впуске	NO _x	мг/м ³	29,50	29,65	22,50	21,50	31,50
	CO	мг/м ³	98,30	98,30	90,30	68,50	98,30

Влияние подачи воды и углеводородного активатора во впускной трубопровод дизеля Д-21А1 трактора Т-25А на содержание оксидов азота в атмосферном воздухе животноводческой фермы представлено на рисунке 1.

После прохода трактора с дизелем, работающим на дизельном топливе, содержание NO_x в атмосферном воздухе животноводческой фермы резко возрастает и составляет от 30,8 до 41,0 мг/м³, что более чем в 8 раз превышает предельно допустимые концентрации (ПДК). После прохода трактора с дизелем, работающим на дизельном топливе с подачей воды на впуске, содержание NO_x в воздухе рабочей зоны снижается и составляет 22,6-30,8 мг/м³. По сравнению с показателями после прохода трактора,



работающего на дизельном топливе, снижение содержания NO_x в ОГ составляет от 13 до 40%.

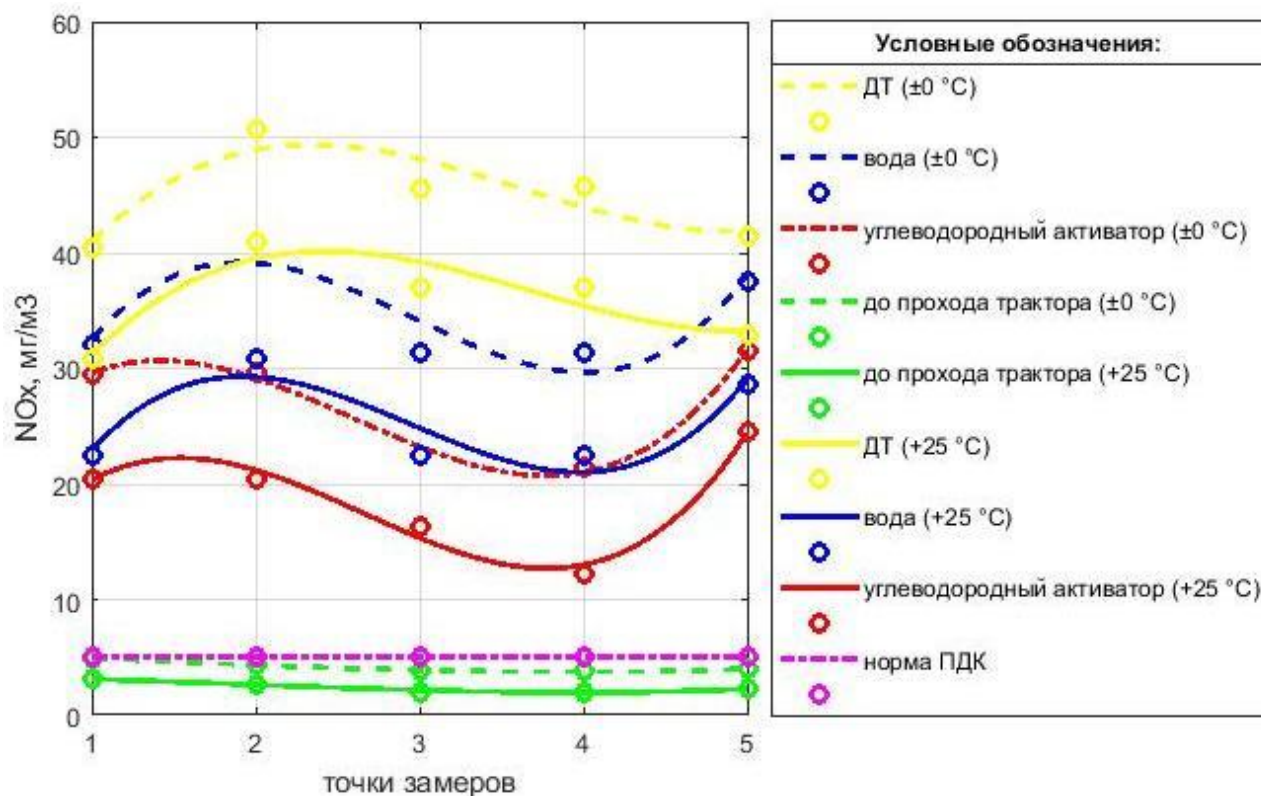


Рисунок 1 – Влияние подачи воды и углеводородного активатора во впускной трубопровод дизеля Д-21А1 трактора Т-25А на содержание оксидов азота в атмосферном воздухе животноводческой фермы

При проходе трактора с дизелем, работающем на дизельном топливе с подачей углеводородного активатора на впуске, содержание NO_x в воздухе рабочей зоны снижается еще существеннее – до 12,3-24,8 мг/м³, что в процентном отношении составляет от 26 до 66%.

Некоторое отличие в данных по точкам 3 и 4 объясняется наличием вблизи их месторасположения дверей, которые по технологическим причинам во время эксперимента не закрывались. Из результатов эксперимента видно, что при снижении температуры окружающей среды до 0°C количество токсичных компонентов в воздухе животноводческой фермы ещё до прохода



трактора возрастает и достигает 3,6-4,9 мг/м³ для NO_x. Это объясняется тем, что в условиях зимнего содержания скота на животноводческих комплексах интенсивность воздухообмена и скорость движения воздуха значительно ниже, чем при летнем содержании.

Содержание NO_x в воздухе животноводческой фермы в зимнее время близко к значению ПДК и отрицательно влияет на уровень охраны труда в помещениях и окружающей среды, на физиологическое развитие животных.

В условиях зимнего содержания скота появление на ферме трактора без соответствующих средств снижения токсичности отработавших газов вызывает повышение содержания NO_x в атмосферном воздухе до 41,5-50,6 мг/м³. После прохода трактора с дизелем, работающим на дизельном топливе с подачей воды на впуске, содержание в воздухе рабочей зоны коровника снижается существенно и составляет 21,5-29,5 мг/м³. В процентном соотношении это снижение составляет 24-52%.

Результаты эксперимента по влиянию инженерно-технических средств охраны труда и окружающей среды, применённых на дизеле Д-21А1 трактора Т-25А, на содержание оксидов углерода в атмосферном воздухе животноводческой фермы в летний (+25°С) и зимний (0°С) стойловые периоды представлены на рисунке 2.

После прохода трактора с дизелем, работающим на дизельном топливе, содержание СО в воздухе рабочей зоны животноводческой фермы возрастает до 25,0-43,7 мг/м³. После прохода трактора с дизелем, работающим на дизельном топливе с подачей воды на впуске, содержание СО в воздухе рабочей зоны остается на том же уровне. После прохода трактора с дизелем, работающим на дизельном топливе с подачей углеводородного активатора на впуске, содержание СО в атмосферном воздухе фермы возрастает по сравнению с дизелем, работающим на дизельном топливе, до 62,0-94,7 мг/м³, или в 2,0-2,5 раза.



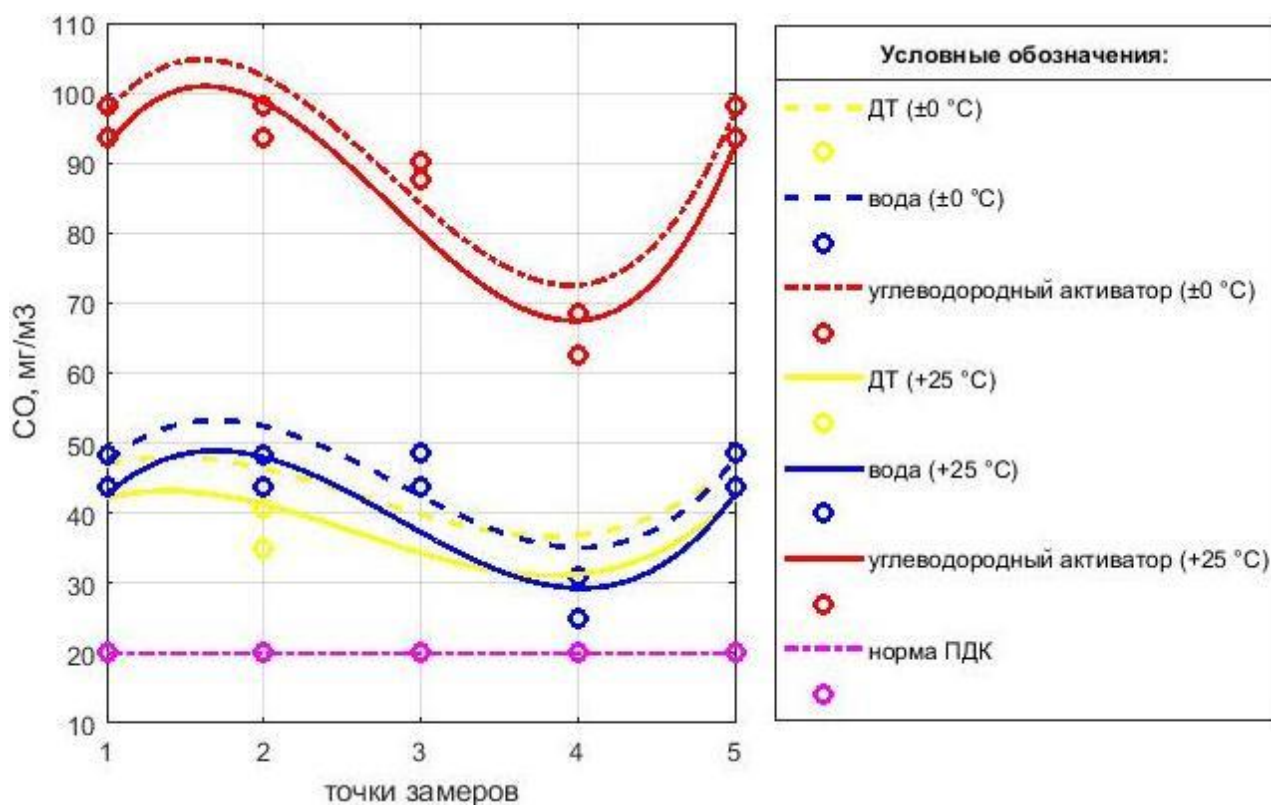


Рисунок 2 – Влияние подачи воды и углеводородного активатора во впускной трубопровод дизеля Д-21А1 трактора Т-25А на содержание оксида углерода в атмосферном воздухе животноводческой фермы

В условиях зимнего содержания скота эксплуатация трактора, работающего на дизельном топливе на ферме без средств снижения токсичности отработавших газов, вызывает повышение содержания CO от 31,0 до 48,7 мг/м³. После прохода трактора с дизелем, работающим на дизельном топливе с подачей воды на впуске, содержание CO в атмосферном воздухе рабочей зоны фермы остается примерно на том же уровне. После прохода трактора с дизелем, работающим на дизельном топливе с подачей углеводородного активатора на впуске, содержание CO в атмосферном воздухе фермы так же, как и в летнее время, возрастает и составляет 68,5-98,3 мг/м³.

Результаты эксперимента по влиянию инженерно-технических средств охраны труда и окружающей среды на динамику содержания токсичных компонентов в атмосферном воздухе животноводческой фермы после прохода



трактора Т-25А для NO_x в летний ($+25^\circ\text{C}$) и зимний (0°C) стойловые периоды представлены на рисунке 3.

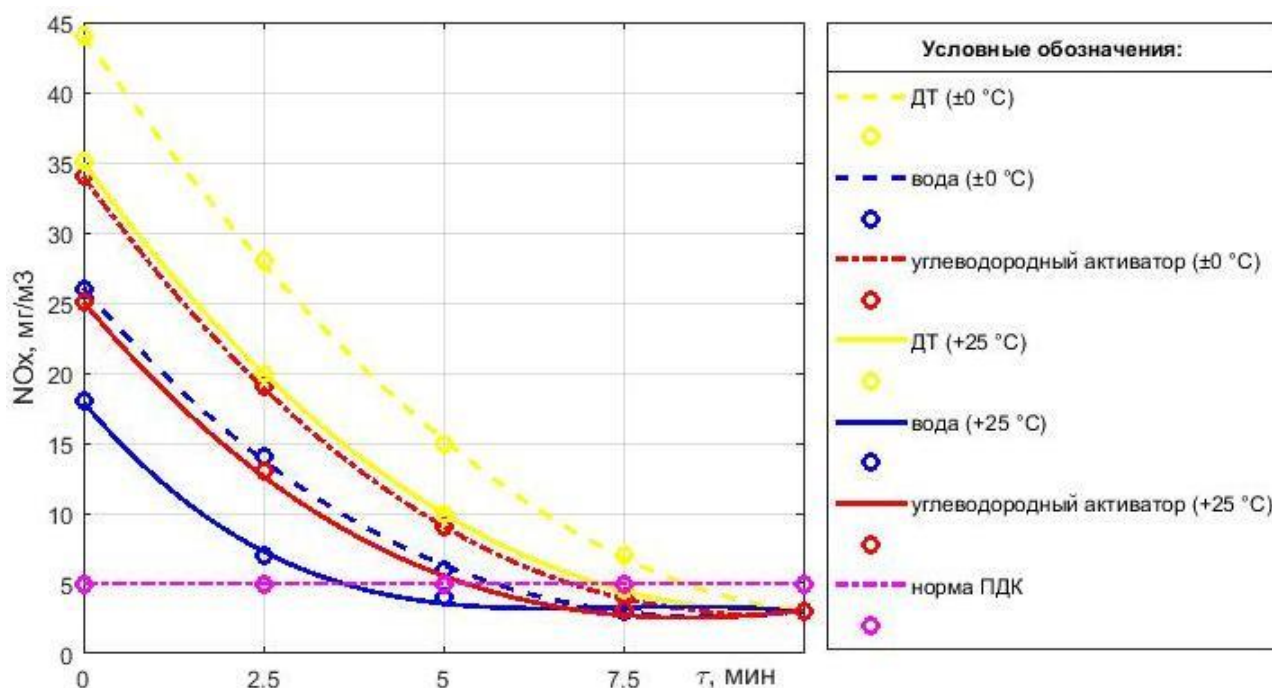


Рисунок 3 – Влияние подачи воды и углеводородного активатора во впускной трубопровод дизеля Д-21А1 трактора Т-25А на динамику содержания оксидов азота в атмосферном воздухе животноводческой фермы

Обобщенные зависимости, построенные по измерениям в 5 точках фермы, 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 до первоначальной нормы, существенное значение имеет период содержания скота (зимний или летний стойловые периоды).



Так, в зимний стойловый период время, необходимое для возвращения концентрации NO_x до первоначальной после прохода трактора с дизелем, работающим на только на дизельном топливе без применения инженерно-технических средств, составляет 10 мин. В условиях летнего стойлового периода – только 9 мин.

За время летнего стойлового периода время нормализации по содержанию NO_x до контрольного уровня в воздухе рабочей зоны после прохода трактора с дизелем, работающим на дизельном топливе с подачей воды на впуске, составляет 5,5 мин, а при проходе трактора с дизелем, работающим на дизельном топливе с подачей углеводородного активатора на впуске, – 7,5 мин.

В зимний стойловый период время нормализации по NO_x до контрольного уровня после прохода трактора с дизелем, работающим на дизельном топливе с подачей воды на впуске, составляет 7,5 мин, а с дизелем, работающим на дизельном топливе с подачей углеводородного активатора на впуске, – 8 мин.

Результаты эксперимента по влиянию инженерно-технических средств охраны труда и окружающей среды на динамику содержания токсичного компонента в атмосферном воздухе животноводческой фермы после прохода трактора Т-25А для СО в летний ($+25^\circ\text{C}$) и зимний (0°C) стойловые периоды представлены на рисунке 4.

Так, в зимний стойловый период время, необходимое для возвращения концентрации СО до первоначальной после прохода трактора с дизелем, работающим на дизельном топливе без применения инженерно-технических средств, составляет 11 мин. В условиях летнего стойлового периода – только 10 мин.

За время летнего стойлового периода время нормализации по содержанию СО до контрольного уровня в воздухе рабочей зоны после прохода трактора с дизелем, работающим на дизельном топливе с подачей воды на



впуске, составляет 17 мин, а при проходе трактора с дизелем, работающим на дизельном топливе с подачей углеводородного активатора на впуске, – 11 мин.

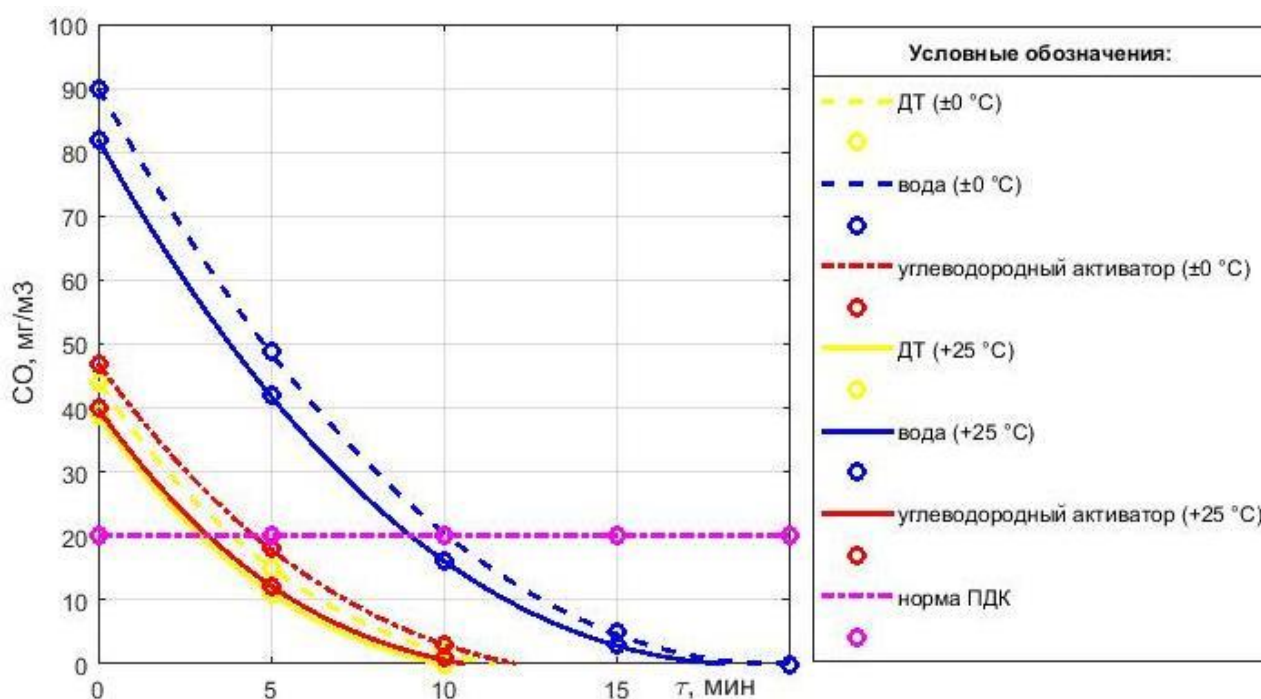


Рисунок 4 – Влияние подачи воды и углеводородного активатора во впускной трубопровод дизеля Д-21А1 трактора Т-25А на динамику содержания оксида углерода в атмосферном воздухе животноводческой фермы

В зимний стойловый период время нормализации по NO_x до контрольного уровня после прохода трактора с дизелем, работающим на дизельном топливе с подачей воды на впуске, составляет 20 мин, а с дизелем, работающим на дизельном топливе с подачей углеводородного активатора на впуске, – 12 мин.

Исходя из полученных экспериментальных данных, делаем вывод, что необходимо ограничивать время до повторного заезда трактора на животноводческую ферму при раздаче кормов с целью предупреждения повышения содержания токсичных компонентов значительно выше допустимых.



С учетом действующих предельно допустимых концентраций (для NO_x – 5 мг/м^3 и для CO – 20 мг/м^3) время для повторного заезда трактора на животноводческую ферму можно ограничить по оксидам азота: после прохода трактора с дизелем, работающим на дизельном топливе, – 7 (летний стойловый период) и 8 мин (зимний стойловый период); после прохода трактора с дизелем, работающим на дизельном топливе с подачей воды на впуске, – 3,5 (летний стойловый период) и 6 мин (зимний стойловый период); после прохода трактора с дизелем, работающим на дизельном топливе с подачей углеводородного активатора на впуске, – 5,5 (летний стойловый период) и 7 мин (зимний стойловый период).

По показателям содержания оксида углерода время до повторного заезда трактора на животноводческую ферму можно ограничить: после прохода трактора с дизелем, работающим на дизельном топливе, – 3 (летний стойловый период) и 4 мин (зимний стойловый период); после прохода трактора с дизелем, работающим на дизельном топливе с подачей воды на впуске, – 9 (летний стойловый период) и 10 мин (зимний стойловый период); после прохода трактора с дизелем, работающим на дизельном топливе с подачей углеводородного активатора на впуске, – 3 мин (летний стойловый период) и 4,5 мин (зимний стойловый период).

Выводы. Проведенные исследования на тракторах Т-25А класса 6 кН показывают, что разработанные инженерно-технические средства охраны труда и окружающей среды: вода и углеводородный активатор, при эксплуатации на животноводческом комплексе, позволяют снизить содержание токсичных компонентов в атмосферном воздухе рабочей зоны животноводческой фермы и сократить время до повторного прохода трактора. Вместе с тем при работе трактора на животноводческой ферме необходимо ограничить время до повторного прохода в связи со значительным повышением содержания токсичных компонентов атмосферном воздухе.



Список источников

1. Лиханов В. А., Сайкин А. М. Снижение токсичности автотракторных дизелей : монография. М. : Агропромиздат, 1991. 208 с.
2. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года : Распоряжение Правительства Российской Федерации № 3363-р. : утв. 27.11.2021 г.
3. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года : Распоряжение Правительства Российской Федерации № 1523-р : утв. 09.06.2020 г.
4. 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.
5. 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.
6. Лиханов В. А. Снижение выбросов сажи с отработавшими газами дизелей путем применения альтернативных топлив / В. А. Лиханов, А. В. Россохин, А. И. Чупраков // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 9. С. 13-16.
7. 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 № 3388 : дата введения 1989. 01.01.
8. ГОСТ 12.1.014-84. Система стандартов безопасности труда. Воздух рабочей зоны. Метод измерения концентраций вредных веществ индикаторными трубками : межгосударственный стандарт : издание



Вестник Вятского ГАТУ. 2023. № 3 (17). Агроинженерия
официальное : утвержден и введен в действие Постановлением
Государственного комитета СССР по стандартам от 14.12.1984 № 4362 :
дата введения 1986.01.01.

