

УДК 621.436:662.6

УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ДИЗЕЛЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ВИДА ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ ЭТАНОЛА

*д-р техн. наук, проф. А.Н. КАРТАШЕВИЧ,
П.Ю. МАЛЫШКИН, Г.Н. ГУРКОВ, А.А. СОБОЛЕВСКИЙ
(Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки)*

Рассматривается вопрос улучшения экологических показателей работы дизеля при использовании альтернативного вида топлива на основе этанола. Приводятся результаты испытаний по смешиванию двух видов топлив – дизельного и этилового спирта – с добавлением сукцинимидной присадки, а также экологические параметры дизеля Д-243. Применение присадки позволяет значительно увеличить время расслоения двух топлив за счет высоких диспергирующих свойств, что в свою очередь позволяет применить альтернативные виды топлива (этанол) без значительных изменений в топливной системе.

Введение. Спектр возобновляемых альтернативных видов топлива, применяемых для автотракторной техники, в настоящее время довольно широк. Среди них можно выделить основные: алифатические спирты, биогаз, диметиловый эфир, водородное топливо, топлива на основе растительных масел.

К спиртовым топливам в первую очередь можно отнести метанол и этанол. Они получили наибольшее распространение в качестве моторного топлива и хорошо зарекомендовали себя при использовании в качестве добавок к дизельному топливу. Простая замена дизельного топлива на спирт в штатной топливной системе дизеля невозможна вследствие нарушения рабочего процесса. Необходима компенсация изменения свойств этих топлив в сравнении с рассматриваемым нами топливом [1].

В настоящее время исследователями выделены разнообразные способы применения спиртов в качестве топлив для дизелей: работа дизеля на чистом спирте путем применения присадки, повышающей цетановое число; создание растворов и эмульсий спиртов в дизельном топливе; карбюрирование или впрыскивание спирта во впускной трубопровод, а дизельного топлива в цилиндр; применение двойной системы топливоподачи; конвертация дизеля в двигатель с внешним смесеобразованием и принудительным зажиганием, также возможны различные сочетания и модификации этих способов [1].

Применение альтернативных моторных видов топлива изменяет организацию рабочего процесса двигателя, так как изменяются свойства топлива: цетановое число, плотность, испаряемость, вязкость, низшая расчетная теплота сгорания и др. Поскольку адаптировать новые топлива к существующим моделям дизелей достаточно сложно, необходимы дополнительные теоретические и экспериментальные исследования по влиянию этанолсодержащих топлив на организацию рабочего процесса дизельного двигателя.

Исследования по смешиванию дизельного топлива и этилового спирта C_2H_5OH (этанола) проведены на кафедре «Тракторы и автомобили» УО БГСХА. На первом этапе измерялось время расслоения смеси дизельного топлива и этанола при ручном способе смешивания. На втором – измерялось время расслоения смеси дизельного топлива, этанола и сукцинимидной присадки С-5А ТУ 0257-015-33992933-2006 марки «В» ручным и ультразвуковым способом в ультразвуковой ванне Launch ODA DH50 объемом 1 л. Время расслоения замерялось с помощью секундомера СОСпр-26-2-00.

Стендовые испытания дизеля Д-243 проводились в аккредитованной лаборатории испытания двигателей на кафедре «Тракторы и автомобили» согласно методике стендовых испытаний [9 – 11].

Основная часть. В своих исследованиях ученые обосновывают различные оптимальные концентрации смесевых топлив на основе этанола: ДТ 90 % + 10 % C_2H_5OH ; ДТ 85 % + 15 % C_2H_5OH ; ДТ 80 % + 20 % C_2H_5OH ; ДТ 70 % + 30 % C_2H_5OH [2 – 5]. Физико-химические свойства этанола и дизельного топлива (ДТ) имеют существенные отличия и представлены в таблице 1.

В результате проведенных предварительных исследований установлено, что среднее время расслоения смеси дизельного топлива и этанола не превышает 9 минут (рис. 1), что усложняет использование этанола в смеси с дизельным топливом и хранение в топливном баке транспортного средства.

Дальнейший поиск эффективных способов смешивания не улучшил время расслоения смеси дизельного топлива и этанола. Однако время расслоения этой смеси можно значительно увеличить, применяя присадки, улучшающие диспергирующие свойства.

На втором этапе исследований проводилось смешивание смеси с сукцинимидной присадкой С-5А, предназначенной для улучшения диспергирующих и моющих свойств смазочных масел. Рекомендуемая концентрация присадки 1,5...3,5 % масс. Присадка представляет собой 40 %-ный концентрат алкенилсукцинимидов в минеральном масле и непрореагировавшем полибутене; производится в ЗАО «Научно-производственное предприятие «Алтай-спецпродукт». (Предприятие специализируется на производстве сложных химических соединений специального назначения, в том числе поверхностно-

активных веществ и эмульгаторов). Характеристика и физико-химические свойства сукцинимидной присадки С-5А ТУ 0257-015- 33992933-2006 марки «В» представлены в таблице 2 [6].

Таблица 1

Физико-химические свойства ДТ и этанола

Физико-химические свойства	ДТ	Этанол
Химическая формула	(C_nH_m)	C_2H_5OH
Элементарный состав С:Н:О, кг/кг	86:14:0	22:67:11
Стехиометрическое соотношение, кг/кг	14,6	9
Плотность при 20 °С, кг/м ³	860	790
Кинематическая вязкость при 20 °С, сСт	3-6	1,074
Низшая теплота сгорания, МДж/кг	42,5	30,54
Коксуемость 10 % остатка, % по массе	0,2	0
Содержание серы, % по массе	0,2	0,1
Цетановое число, ед.	45	8
Температура самовоспламенения, °С при 1 атм.	250	404
Коэффициент поверхностного натяжения, мН/м	27,1	22,8

Источник: [3; 7; 8].

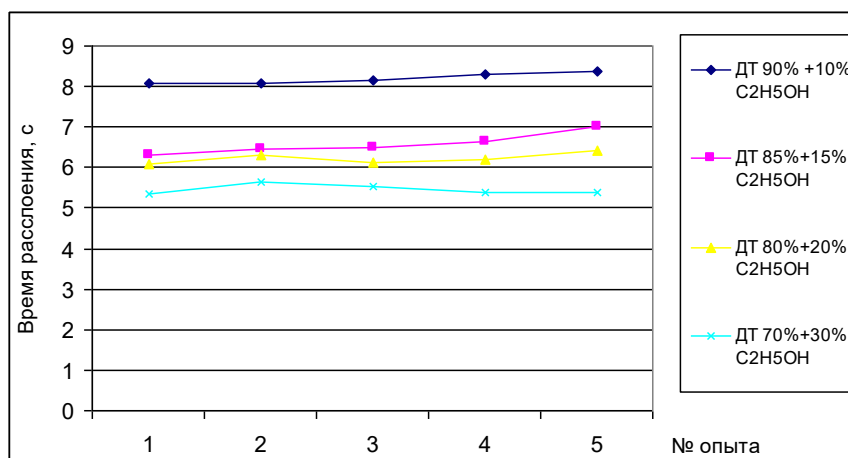


Рис. 1. Измерение времени расслоения смеси ДТ с этанолом в разных соотношениях

Таблица 2

Физико-химические свойства присадки сукцинимидной С-5А

Наименование показателей	Норма по ТУ	Данные анализа
Внешний вид	Вязкая прозрачная жидкость от вишневого до светло-вишневого цвета	Соответствует
Цвет, ед. ЦНТ при разбавлении 15:85, не более	6,0	2,0
Вязкость кинематическая при 100 °С, сСт, не более	300	68
Щелочное число, мг КОН на 1 г присадки, не менее	20,0	49,2
Кислотное число, мг КОН на 1 г присадки, не более	4,0	1,1
Массовая доля азота в присадке, % не менее	1,1	1,64
Массовая доля механических примесей, % не более	0,06	0,06
Массовая доля воды, % не более	0,1	0,10
Массовая доля активного вещества, % не менее	40,0	42,3
Массовая доля свободных полиаминов, % не более	0,8	0,8
Температура вспышки, определяемая в открытом тигле, °С, не ниже	160	196
Степень чистоты, мг/100 г, не более	400	110

Результаты исследований, проведенных при смешивании ДТ и этанола, представлены в таблице 3.

На основании данных таблицы 3 можно сделать вывод, что присадка увеличила время расслоения в разы по сравнению с аналогичными процентными содержаниями топлив без присадки.

Таблица 3

Время расслоения смеси ДТ, этанола и сукцинимидной присадки

Количество присадки, %	Вид смеси					Способ смешивания
	ДТ 95 % + + 5 % C ₂ H ₅ OH	ДТ 90 % + + 10% C ₂ H ₅ OH	ДТ 85 % + + 15 % C ₂ H ₅ OH	ДТ 80 % + + 20 % C ₂ H ₅ OH	ДТ 70 % + + 30 % C ₂ H ₅ OH	
	Время расслоения смеси, мин					
0	9,6	8,19	6,72	6,17	5,43	Ручной
1,25	41,43	34,53	28,8	25,7	23,9	Ручной
2,5	42,22	36	29,47	27,3	25,7	Ручной
3,75	42,5	37,4	32	29,1	27,5	Ручной
5	44,06	38,6	33,8	30,9	29,3	Ручной
6,25	45,28	40,4	36,5	34,15	32,5	Ручной
7,5	46,35	42,3	39,6	37,9	36,6	Ручной
10	49,45	45,8	44,3	43,1	42,4	Ручной
12,5	52,31	49,4	47,6	47,3	46,8	Ручной
1,25	56,37	44,8	38,2	32,4	27,5	Ультразвук
2,5	56,45	45,4	38,8	32,7	29	Ультразвук
3,75	57,08	46	39,3	33,7	30,6	Ультразвук
5	57,3	46,9	40	34,9	32	Ультразвук
6,25	58,0	47,7	41,4	36,2	33,7	Ультразвук

Наглядное изменение времени расслоения смеси с различной концентрацией присадки с разными способами смешивания представлено на рисунке 2...5.

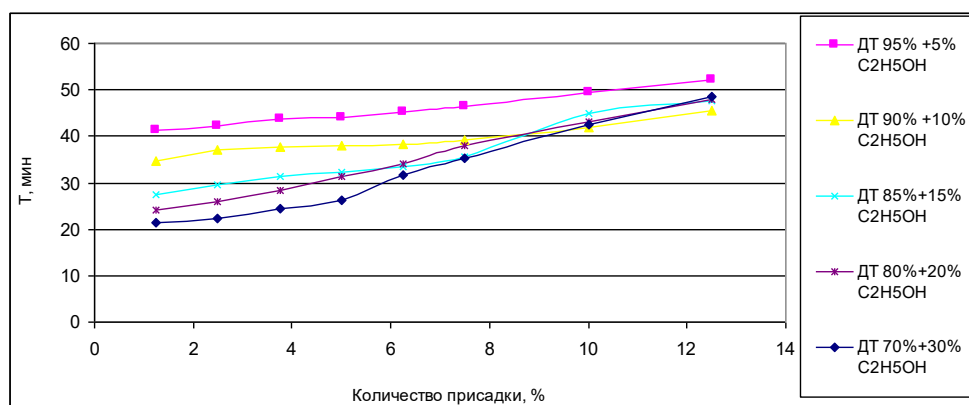


Рис. 2. Зависимость времени расслоения смеси от количества присадки при ручном способе смешивания

Из рисунка 2 следует, что с увеличением количества сукцинимидной присадки в смеси с 1,25 до 6,25 % и с 1,25 до 12,5 % время расслоения увеличивается на 26,5 и 48,9 % соответственно.

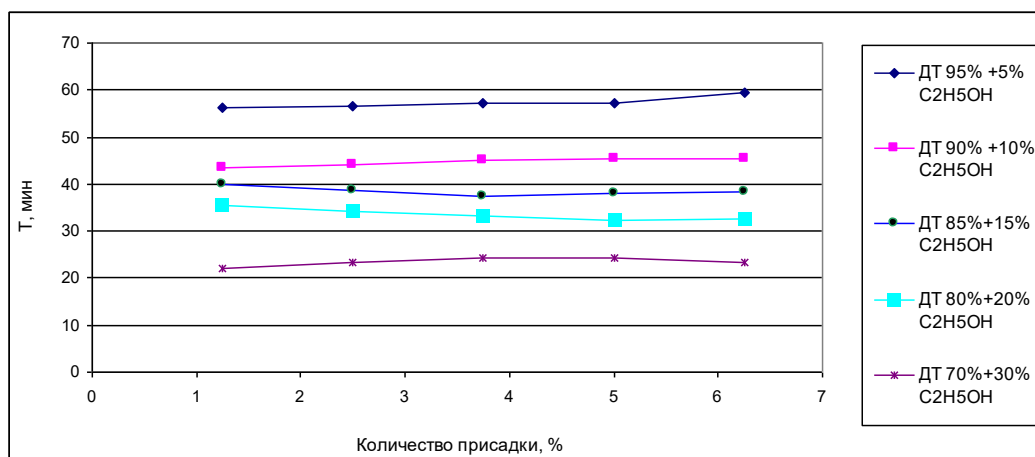


Рис. 3. Зависимость времени расслоения смеси от количества присадки при ультразвуковом способе смешивания

Из рисунка 3 видно, что с увеличением количества сукцинимидной присадки в смеси с 1,25 до 6,25 % время расслоения смеси увеличивается на 22,5 %.

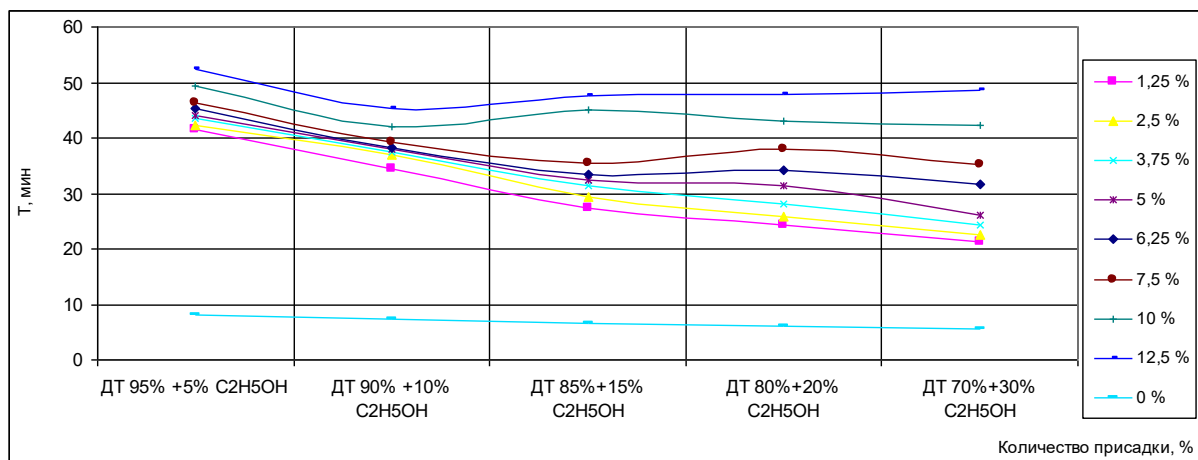


Рис. 4. Зависимость времени расслоения смеси от соотношения ДТ и этанола

С увеличением количества этанола уменьшается время расслоения смеси, о чем свидетельствует рисунок 4, при этом с увеличением количества вводимой присадки время расслоения увеличивается.

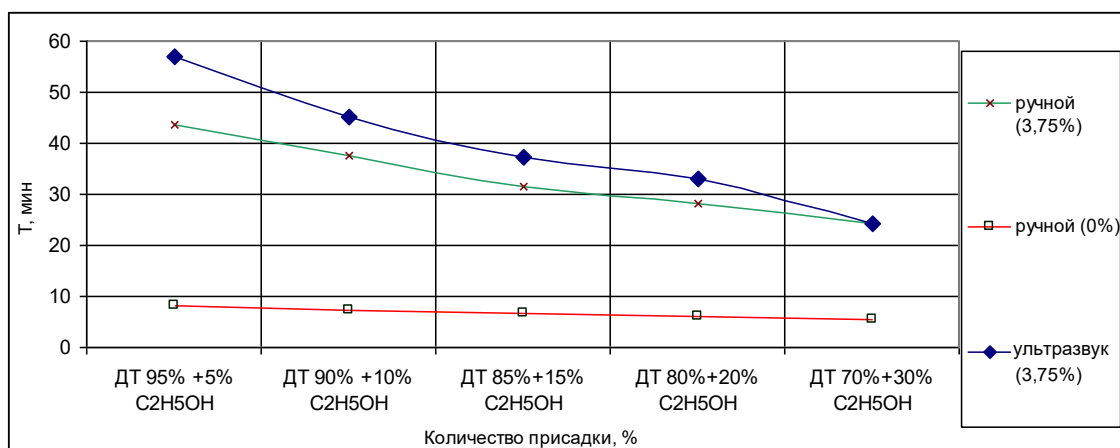


Рис. 5. Зависимость времени расслоения смеси от концентрации присадки с разными способами смешивания

Рисунок 5 наглядно показывает, что ультразвуковой способ эффективнее ручного, но с увеличением количества присадки эта разница снижается с 28,1 до 3,7 %.

При рекомендуемой концентрации присадки 1,5...3,5 % [6] выбрана концентрация, равная 2,5 %, при этом ультразвуковой способ смешивания эффективнее ручного на 12,8 % при концентрации ДТ 70 % + 30 % C₂H₅OH и на 33,7 % при концентрации ДТ 95 % + 5 % C₂H₅OH.

Из проведенных на кафедре «Тракторы и автомобили» исследований на дизеле Д-243 по подаче ДТ и этанола установлено влияние этанола на экологические показатели тракторного двигателя.

Так, при стендовых испытаниях замерялись следующие параметры:

- твердые частицы сажи (С), %;
- окислы азота NO_x, ppm;
- несгоревшие углеводороды СН, ppm.

Наибольший интерес вызывают экологические параметры, представленные на рисунке 7...8.

Из рисунка 7 видно, что с повышением количества этанола в смеси снижается на 18 % образование твердых частиц сажи в цилиндрах дизеля на номинальном режиме.

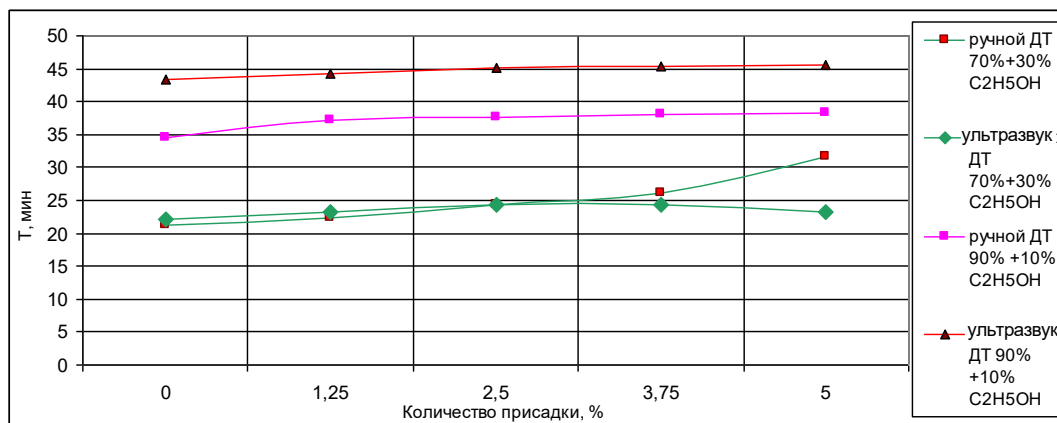


Рис. 6. Зависимость времени расслоения смеси от соотношения ДТ и этанола с рекомендуемой концентрацией присадки

Данные, представленные на рисунке 8, свидетельствуют, что с повышением количества этанола в смеси увеличивается содержание окислов азота, выбрасываемых в атмосферу, на 16 % на номинальном режиме.

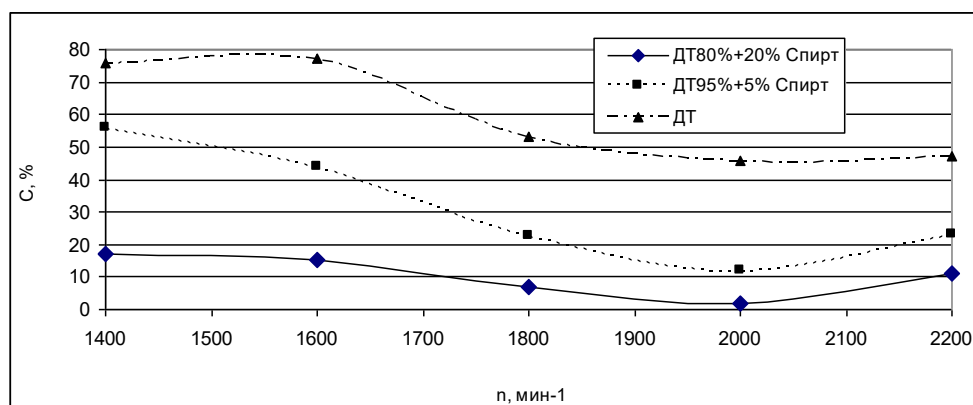


Рис. 7. Зависимость содержания твердых частиц сажи от частоты вращения двигателя на внешней скоростной характеристике

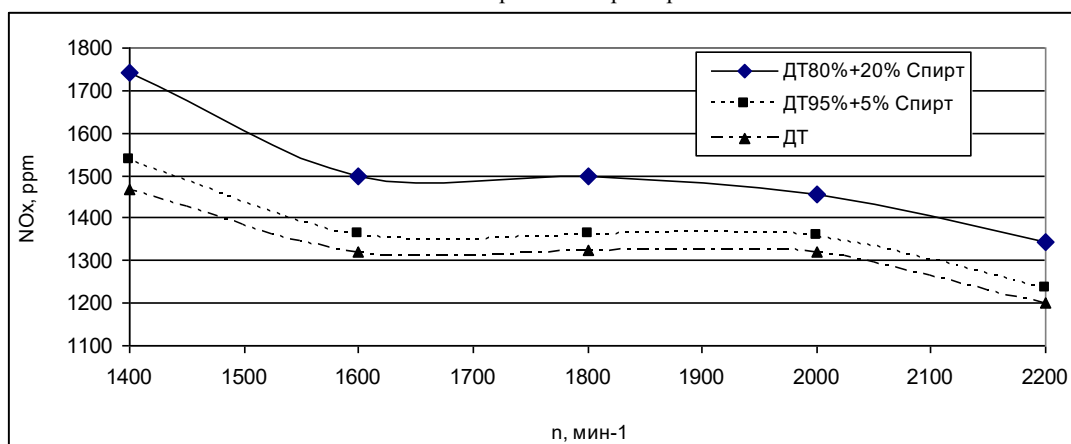


Рис. 8. Зависимость содержания окислов азота от частоты вращения двигателя на внешней скоростной характеристике

Заключение. Представленные данные проведенных исследований показывают, что применение одного этанола значительно улучшает экологические показатели дизеля: NO_x на 16 %, сажи на 18 %. Од-

нако раздельное применение требует двойной системы подачи, что значительно усложняет конструкцию системы питания.

Применение смеси дизельного топлива и этанола и подача штатной системой питания является наиболее перспективной и рациональной, но при этом, как показывают проведенные исследования, необходимо применять присадки-эмульгаторы, увеличивающие время расслоения смеси в топливном баке транспортного средства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карташевич, А.Н. Расчет показателей процесса сгорания этанолсодержащих топлив в дизеле / А.Н. Карташевич, Г.Н. Гурков, С.А. Плотников // Вестн. Белорус. гос. сельскохозяйственной акад. – 2011. – № 3. – С. 156 – 159.
2. Карташевич, А.Н. Применение этанолсодержащих топлив в дизеле / А.Н. Карташевич, Г.Н. Гурков, С.А. Плотников. – Киров: Авангард, 2011. – Ч. I. – 116 с.
3. Альтернативные виды топлива для двигателей / А.Н. Карташевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2012. – 376 с.
4. Карташевич, А.Н. Возобновляемые источники энергии: науч.-практ. пособие / А.Н. Карташевич, В.С. Товстыка. – Горки: БГСХА, 2007. – 264 с.
5. Гуцин, С.Н. Улучшение эксплуатационных показателей тракторных дизелей применением спирто-содержащих топлив / С.Н. Гуцин, С.А. Плотников. – Киров, 2003. – 162 с.
6. Паспорт на сукцинимидную присадку С-5А ТУ 0257-015-33992933-2006 марка «В».
7. Спирты [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Спирты>. – Дата доступа: 24.03.2013.
8. Спирты. Свойства спиртов. Получение спиртов [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <http://kristallikov.net/page44>. – Дата доступа: 24.03.2013.
9. Единообразные предписания, касающиеся двигателей с воспламенением от сжатия, предназначенных для установки на тракторах: ГОСТ Р 41.96-2005. Правила ЕЭК ООН 96.
10. Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний: ГОСТ 18509-88.
11. Дизели тракторные и комбайновые. Общие технические условия: ГОСТ 20000-88.

Поступила 07.06.2013

IMPROVEMENT OF ECOLOGIC PERFORMANCE OF THE WORK OF DIESEL WHEN USING AN ALTERNATIVE KIND OF FUEL ON THE BASIS OF ETHANOL

A. KARTASHEVICH, P. MALYSHKIN, G. GURKOV, A. SOBOLEVSKY

The issue of improvement of ecologic performance of the work of diesel when using an alternative kind of fuel on the basis of ethanol is considered. The article presents the results of the tests on the mixing of the two kinds of fuel: diesel and ethanol with the addition of succinimide additives, and also the environmental parameters of diesel D-243. The use of additives can significantly increase the time bundle of two fuels due to high dispersing properties, which in turn allows to use the alternative types of fuels (ethanol), without significant changes in the fuel system.