

УДК 621.43.057

С.А. Плотников, А.Н. Карташевич, М.В. Смольников

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ТРАКТОРА «БЕЛАРУС-922» ПРИ РАБОТЕ
НА ТОПЛИВЕ С ДОБАВКАМИ ЭТАНОЛА**

Вятский государственный университет, г. Киров

Рассмотрены результаты энергетических показателей трактора «Беларус-922» при работе на топливе с добавками этанола. Тяговые испытания проводились в соответствии с ГОСТ 7057-2001. Условия испытаний (метеорологические, характеристики поля и почвы) определялись согласно ГОСТ 20915-2011. Тяговые показатели определялись нагружением движущегося трактора плугом ПЛН-3-35, приложенным к тягово-сцепному устройству ГОСТ 30745-2001. После снятия показателей энергетической оценки машино-тракторного парка (МТА) в процессе испытаний, производился расчёт согласно ГОСТ Р 52777-2007. Энергетическая эффективность трактора оценивалась по методике использования теплового потока, подводимого в двигатель в различных эксплуатационных режимах работы МТА.

Целью работы являлось изучение энергетических показателей МТА, выявление эффективности работы МТА на различных видах топлива, оценка возможности улучшения свойств смесевых топлив и расширение путей использования этанола в качестве альтернативного топлива.

Проведённые экспериментальные исследования выявили возможность использования ЭТЭ в дизельных ДВС и позволили сформулировать следующие выводы: работа трактора на топливах с добавками этанола не снижает энергетический КПД МТА в сравнении с его работой на ДТ; работу трактора «Беларус-922» с плугом ПЛН-3-35 эффективно производить на третьей передаче диапазона I; увеличение глубины вспашки с 20 до 25 см ведёт к повышению энергетического КПД МТА, это справедливо для всех применяемых топлив.

Ключевые слова: дизельное топливо, этанола-топливная эмульсия, тяговые испытания, машино-тракторный парк, энергетический показатель.

Объём грузооборота на автомобильном транспорте в России в начале 2017 г. вырос на 11,2% по сравнению с аналогичным периодом прошлого сезона, следует из сообщения на сайте Федерального дорожного агентства Росавтодор. Количество грузов, перевезенных автотранспортом, в январе увеличилось на 5,5%, до 318,7 млн т.

В сельскохозяйственном сезоне 2017 г. Российскую Федерацию ждал рекордный урожай зерновых и зернобобовых агрокультур за всю историю – 130,7 млн т. Скорее всего, будет поставлен рекорд и по экспорту зерновых. Еще несколько месяцев назад виды на урожай были куда более скромными. Такой прогноз был озвучен аналитической компанией «Про-Зерно». Этот рекорд побьет предыдущий максимальный уровень урожая, который был зафиксирован в 1978 г. Тогда было собрано 127,4 млн т. Для сравнения: в 2016 г. урожай составил 120,7 млн т, и это был рекордный сбор для постсоветской России.

Исходя из отмеченного, можно утверждать, что парк автомобилей, тракторов и самоходных машин растет и будет расти. Вся техника, которая существует на рынке продаж, энергоёмкая, позволяющая получать высокие результаты и выполнять поставленные задачи во всех сферах жизни. Большинство транспортных средств, занятых в сельском хозяйстве, промышленности оснащено дизельными двигателями, являющимися перспективными в машиностроении. На сегодняшний день практически весь транспорт зависит от традиционного углеводородного топлива, производящегося из невозобновляемых природных ресурсов. Безусловно, нужно шире исследовать альтернативные топлива, различного состава, применяемые в ДВС. Причиной такого поиска новых решений становится и возможность независимости топливной энергетики России от мировой политики и цен на нефть на мировом рынке.

Биоэтанолом называется этиловый спирт низкой степени очистки, получаемый из возобновляемого источника – биомассы. Основным сырьём для его производства являются крахмало- и сахаросодержащие сельскохозяйственные культуры. В наших широтах к таким

культурам относятся пшеница, картофель, кукуруза. В тропических странах наиболее эффективно использование сахарного тростника. Необходимо отметить, что в процессе производства биоэтанола могут быть получены дополнительные продукты, такие как барда – источник корма для животных, глютен – ценный для пищевой промышленности. Биоэтанол также может производиться из целлюлозосодержащих отходов сельского хозяйства и деревообрабатывающей промышленности. Сейчас себестоимость биоэтанола, изготовленного с использованием данного сырья, выше, чем себестоимость биоэтанола на основе сельхозпродукции. Тем не менее, в ближайшие годы планируется внедрение технологий, позволяющих значительно снизить затраты на производство биоэтанола из целлюлозы. В итоге его себестоимость может стать на порядок ниже себестоимости традиционного углеводородного топлива.

В Вятском государственном университете (ВятГУ) в сотрудничестве с Белорусской государственной сельскохозяйственной академией (БГСХА) длительное время проводятся исследования работы автотракторных дизелей на дизельном топливе с добавками биотоплив [2–12].

Исследования направлены на применение в дизельных двигателях этанола - топливной эмульсии (ЭТЭ). Применение этанола в виде ЭТЭ накладывает некоторые ограничения. Непременным условием является высокая стабильность эмульсии, достаточная для приготовления ее заблаговременно либо непосредственно в топливной системе дизеля. Очевидно, что параметры работы топливного насоса и всей системы в целом должны оставаться неизменными или находиться в пределах допустимых регулировок. Кроме того, такая эмульсия не должна вызывать отказов в работе топливной системы дизеля. Все проблемы, связанные с применением ЭТЭ в дизельных двигателях решаемы, и имеют положительный результат, исходя из проделанных ранее испытаний на двигателе 4ЧН 11,0/12,5 [2–7].

Следующим этапом научных исследований, явилось испытание трактора «Беларус – 922» при работе в полевых условиях с применением ЭТЭ (рис. 1). Тяговые испытания проводились в соответствии с ГОСТ 7057-2001. Условия испытаний (метеорологические, характеристики поля и почвы) определялись согласно ГОСТ 20915-2011. Тяговые показатели определялись нагружением движущегося трактора силой, приложенной к тягово-сцепному устройству.



Рис. 1. Общий вид трактора «Беларус – 922» с плугом ПЛН -3-35 при испытаниях

Перед испытаниями трактор прошёл обкатку в соответствии с рекомендациями изготовителя в объёме, допускающем его последующую полную загрузку по мощности. Для трактора «Беларус – 922» проводилась 30-часовая обкатка. Комплектация трактора соответствовала указанной изготовителем в руководстве по эксплуатации для использования на ра-

ботах, требующих максимального усилия. Типоразмеры шин соответствовали рекомендациям изготовителя, высота почвозацепов соответствовала 82% от номинальной. Давление воздуха в шинах передних и задних колёс доводилось до значения, установленного в нормативно-технической документации. При этом давление воздуха в шинах замеряли шинным манометром. Применяемое дизельное топливо соответствовало рекомендуемой плотности $(0,83 \pm 0,01) \text{ т/м}^3$.

До начала проведения опытов обеспечивался прогрев двигателя. Масло в трансмиссии прогревалось до рабочей температуры при движении трактора холостым ходом к месту испытаний. Также проводился прогрев электроизмерительной аппаратуры. Для работы трактора на смесевом топливе стандартная топливная система переоборудовалась. В неё добавились следующие элементы: дополнительный бак со смесителем и выведенной в кабину трактора кнопкой включения; два крана для регулировки подачи дизельного топлива и смесевое топливо; топливопроводы по схеме рис. 2.

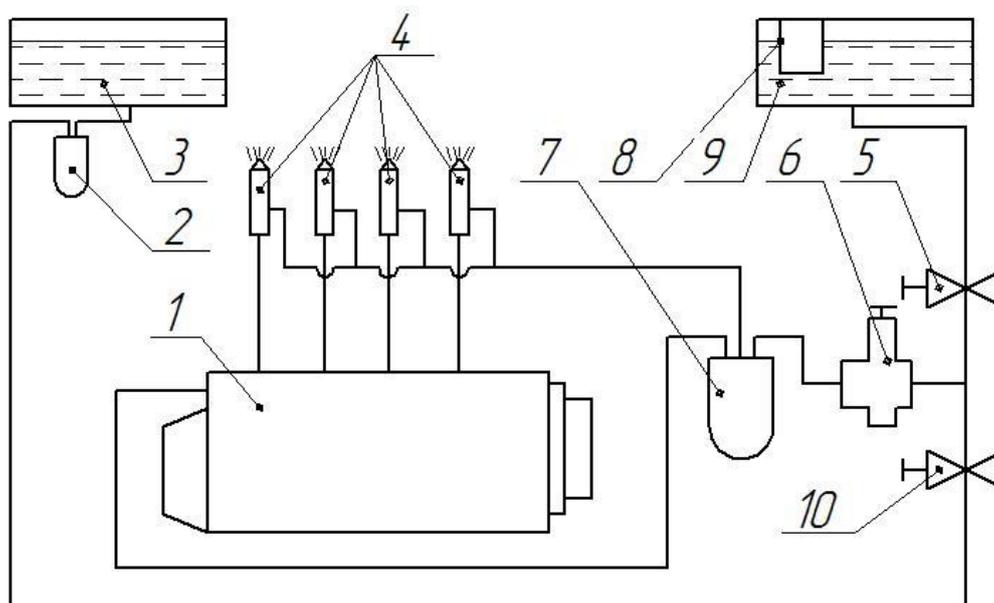


Рис. 2. Схема топливной системы для приготовления и подачи эмульсии:

- 1 - топливный насос высокого давления; 2 - фильтр грубой очистки топлива; 3 - бак для основного топлива; 4 - форсунки; 5 - отсеочный кран для дополнительного топлива; 6 - подкачивающий насос; 7 - фильтр тонкой очистки; 8 - смеситель; 9 - бак для дополнительного топлива; 10 - отсеочный кран для основного топлива

Испытания проводились при атмосферном давлении 748 мм рт. ст. и температуре окружающего воздуха 17°С . Данные об условиях испытаний заносили в протокол испытаний. Данные о метеорологических условиях (температура и относительная влажность воздуха, барометрическое давление) брали с ближайшей метеорологической станции, находящейся на территории Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. Плотность топлива определяли ареометром. Рельеф поля описывали визуально с указанием уклонов и отличительных особенностей (характер микронеровностей, наличие борозд, высота стерни, растительный покров и т.д.).

Скорость движения трактора при испытаниях не превышала границ безопасности, указанных изготовителем в руководстве по эксплуатации. Все измерения начинали после обеспечения стабильного режима работы трактора. Положение органов управления регулятором частоты вращения коленчатого вала двигателя соответствовало полной подаче топлива. Максимальное тяговое усилие ограничивали началом неустойчивой работы двигателя или буксованием.

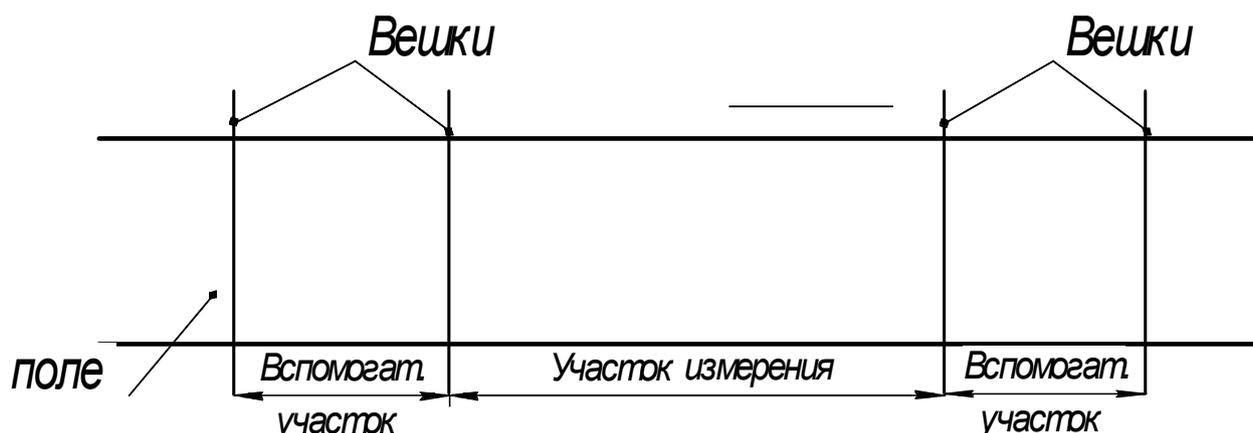


Рис. 3. Схема разметки участка поля

Для испытаний выбирали ровный (без заметных на глаз неровностей), горизонтальный (с продольным и поперечным уклоном не более 1 и 3% соответственно), прямолинейный участок поля длиной не менее 200 м. В средней части участка измеряли расход топлива за время прохождения трактором не менее 100 м.

В начале и в конце участка ставили сдвоенные контрольные вешки высотой 2,0 м. Вспомогательные участки по концам размечали вешками (рис. 3), длина этих участков составляла не менее 50 м. Измерения проводили при поддержании заданного тягового усилия в течение 20 с или времени, необходимого для прохождения расстояния не менее 20 м, в зависимости от того, какое время больше.

Тяговую характеристику трактора снимали на различных включенных передачах и диапазонах. Загрузку испытываемого трактора осуществляли плугом ПЛН-3-35 через динамометрическую автосцепку с многоканальным измерительным усилителем Spider 8.

Опыты проводили в следующем порядке. Перед началом опыта испытываемый трактор останавливался против вешки на внешнем конце первого вспомогательного участка. В трансмиссии трактора включалась выбранная передача. Акселератор устанавливался в положение, соответствующее полной подаче топлива. Затем производился разгон трактора. При прохождении вспомогательного участка скорость движения трактора и тепловой режим двигателя практически стабилизируются, что снижает погрешности измерения параметров при движении по участку измерения. Трактор проходил без остановки участок измерения и следующий за ним второй вспомогательный участок и останавливался против вешки в конце второго участка. В начале участка фиксировались измерения с записью в протокол показаний приборов до конца участка измерения. После записи показаний трактор разворачивался за пределами вспомогательного участка и останавливался у вешки на внешнем конце второго вспомогательного участка. Затем опыт повторялся при движении трактора по участку измерения в обратном направлении и, после записи показаний, трактор разворачивался и останавливался против его на внешнем конце первого вспомогательного участка.

Таким образом, каждый опыт проводился при движении как в прямом, так и в обратном направлении. Измерение расхода топлива за опыт производилось объёмным способом с помощью расходомера ДРТ-5 с терминалом СКРТ 31, включённым в линию низкого давления подачи топлива дизеля. Путь, пройденный за опыт, равнялся длине участка измерения. Он отмерялся с помощью рулетки.

После снятия показателей энергетической оценки машино-тракторного парка (МТА) в процессе испытаний, производился расчёт согласно ГОСТ Р 52777-2007. Энергетическая эффективность трактора оценивалась по методике использования теплового потока, подводимого в двигатель, в различных эксплуатационных режимах работы МТА [1].

Таблица 1

Показатели энергетической оценки МТА «Беларус – 922» с плугом ПЛН -3-35

№ п/п	Наименование показателя	Вид топлива		
		ДТ	ДТ80%+ Э20%	ДТ60%+ Э40%
при вспашке почвы на глубину 0,2 м (2 передача/І диапазон)				
1	Скорость движения, км/ч	8,3	8,2	8,1
2	Ширина захвата, м	1,05	1,05	1,05
3	Глубина хода рабочих органов, см	20	20	20
4	Расход топлива, кг/ч	13,2	13,9	14,7
5	Тяговое сопротивление машины, кН	19,1	19,0	18,9
6	Передача/диапазон	2/І	2/І	2/І
7	Энергетический КПД МТА	0,20	0,21	0,21
при вспашке почвы на глубину 0,25 м (2 передача/І диапазон)				
1	Скорость движения, км/ч	7,8	7,6	7,5
2	Ширина захвата, м	1,05	1,05	1,05
3	Глубина хода рабочих органов, см	25	25	25
4	Расход топлива, кг/ч	13,6	14,1	15,2
5	Тяговое сопротивление машины, кН	18,7	18,6	18,3
6	Передача/диапазон	2/І	2/І	2/І
7	Энергетический КПД МТА	0,21	0,22	0,22
при вспашке почвы на глубину 0,2 м (3 передача/І диапазон)				
1	Скорость движения, км/ч	9,5	9,6	9,4
2	Ширина захвата, м	1,05	1,05	1,05
3	Глубина хода рабочих органов, см	20	20	20
4	Расход топлива, кг/ч	11,0	12,1	13,8
5	Тяговое сопротивление машины, кН	15,5	15,4	15,6
6	Передача/диапазон	3/І	3/І	3/І
7	Энергетический КПД МТА	0,29	0,30	0,28
при вспашке почвы на глубину 0,25 м (3 передача/І диапазон)				
1	Скорость движения, км/ч	8,8	8,5	8,7
2	Ширина захвата, м	1,05	1,05	1,05
3	Глубина хода рабочих органов, см	25	25	25
4	Расход топлива, кг/ч	11,4	12,7	14,3
5	Тяговое сопротивление машины, кН	15,2	15,0	15,1
6	Передача/диапазон	3/І	3/І	3/І
7	Энергетический КПД МТА	0,3	0,28	0,29

Выводы

1. Работа трактора на топливах с добавками этанола не снижает энергетический КПД МТА в сравнении с его работой на ДТ;
2. Работу трактора «Беларус-922» с плугом ПЛН-3-35 эффективно производить на 3-й передаче І диапазона;
3. Увеличение глубины вспашки с 20 до 25 см ведёт к повышению энергетического КПД МТА, это справедливо для всех применяемых топлив.

Библиографический список

1. **Мухамадьяров, Ф.Ф.** Экологические и энергетические аспекты использования пропашных тракторов / Ф.Ф. Мухамадьяров, А.А. Лопарев, В.И. Судницын. – Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 2004. – 126 с.
2. **Плотников, С.А.** Изучение свойств и разработка возобновляемых источников энергии на основе этанола. Улучшение эксплуатационных показателей сельскохозяйственной энергетики /

- С.А. Плотников [и др.]. // Наука-Технология-Ресурсосбережение: мат. IX межд. науч.-практ. конф. – Киров, 2016.– С. 120–123.
3. **Плотников, С.А.** Создание новых видов альтернативных топлив на основе этанола / С.А.Плотников, М.В. Смольников // Общество. Наука. Инновации. (НПК-2016): сб. ст. Всерос. ежегод. научно-практич. конф.; 18-29 апреля 2016 г. – Киров: Вят. гос. ун-т, 2016. – С. 1358–1362.
 4. **Плотников, С.А.** Стабильность новых видов альтернативных топлив на основе этанола / С.А. Плотников, М.В. Смольников // Общество. Наука. Инновации (НПК-2017): сб. статей: Всерос. ежегод. научно-практич. конф., 1–29 апреля 2017 г. – Киров: Науч. изд-во ВятГУ, 2017. – С. 1869–1874.
 5. **Плотников, С.А.** Исследование свойств новых топлив на основе этанола / С.А. Плотников, А.Н. Карташевич, М.В. Смольников // Вестник Белорус. гос. сельскохоз. академии. – 2017. – № 1. – С. 114–117.
 6. **Плотников, С.А.** Модернизация системы топливоподачи тракторного дизеля, работающего на этаноле-топливной эмульсии / С.А. Плотников, А.Н. Карташевич, М.В. Смольников // Общество. Наука. Инновации (НПК-2017): сб. ст.: Всерос. ежегод. научно-практич. конф., 1–29 апреля 2017. – Киров: Науч. изд-во ВятГУ, 2017. – С. 1835–1840.
 7. **Плотников, С.А.** Модернизация системы питания тракторного дизеля 4ЧН 11,0/12,5 для работы на этаноле-топливной эмульсии / С.А. Плотников [и др.] // Молочнохозяйственный вестник. – 2017. – №2(26). – С. 110–118.
 8. **Плотников, С.А.** Исследование показателей работы дизеля 4Ч 11,0/12,5, работающего на этанолсодержащем топливе / С.А. Плотников, М.В.Смольников // Будущее технической науки: сб. материалов XVI Междунар. молодежной научно-технич. конф. – Нижний Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2017. – С. 409–410.
 9. **Плотников, С.А.** Оценка экологической эффективности применения этанола в качестве альтернативного топлива. Актуальные направления научных исследований XXI века: Теория и практика / С.А. Плотников, М.В. Смольников // Сб. науч. тр. по материалам заоч. научно-практич. конф. – Воронеж: Научная книга, 2015. – № 4. – Ч. 1 (15-1) – С. 93–97.
 10. Пат. РФ № 2565383, МКИ⁷F02D 1/04, 1/10. Плотников С.А., Смольников М.В. Система регулирования многотопливного дизеля. – 4 с.
 11. Пат. РФ № 2626524, МКИ⁷F02D 1/04. Плотников С.А., Смольников М.В. Черемисинов П.А. Система регулирования дизеля. – 7 с.
 12. **Смольников, М.В.** Расчет параметров ДВС при работе на альтернативных топливах с использованием программного комплекса / М.В. Смольников, А.А. Князев, П.А.Черемисинов // Общество. Наука. Инновации. (НПК-2016): сб. ст. Всерос. ежегод. научно-практич. конф., 18-29 апреля 2016. – Киров: Вят. гос. ун-т, 2016. – С. 1389–1393.

*Дата поступления
в редакцию 26.01.2018*

S.A. Plotnikov, A.N. Kartashevich, M.V. Smolnikov

RESEARCH OF POWER INDICATORS OF TRACTOR «BELARUS-922» AT WORK ON FUEL WITH ETHANOL ADDITIVES

Vyatka State University

Object of research was the wheel tractor of Belarus-922 in the unit with a plough PLN-3-35 at work on alternative motor fuel.

Research problem was consideration of power indicators mashino-the tractor unit (MTU) at traction tests for various kinds and structures fuel, the analysis of possibility of use ethanol - fuel emulsion (EFE) in quality of motor fuel.

Research objective was the estimation of power efficiency of a tractor on to indicators of use of the thermal stream brought in the engine in the various operational operating modes MTU.

The technique of researches corresponded to requirements of operating standards. Traction tests were spent according to GOST 7057-2001. Test specifications (meteorological, field and soil characteristics) were defined according to GOST 20915-2011. Traction indicators were defined loading a moving tractor by a plough PLN-3-35, enclosed to the tјagovo-drawbar it agree GOST 30745-2001. Calculation of indicators of power estimation MTU in the course of tests was made according to GOST P 52777-2007.

Data of experimental researches has confirmed possibility uses EFE as motor fuel for a diesel engine also have revealed influence of modes works MTU on size of power efficiency (PERFORMANCE).

Key words: fuel, ethanol - fuel emulsion, traction tests, mashino-tractor park, a power indicator.