

ТЕХНОЛОГИИ, СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

DOI
УДК 621.436

АДАПТАЦИЯ АВТОТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ К РАБОТЕ НА СОЕВО-МИНЕРАЛЬНОМ ТОПЛИВЕ

Володько Олег Станиславович, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Тракторы и автомобили», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: tia_sci_ssaa@mail.ru

Быченин Александр Павлович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Тракторы и автомобили», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: tia_sci_ssaa@mail.ru

Ерзамаев Максим Павлович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технический сервис», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: tia_sci_ssaa@mail.ru

Уханова Юлия Владимировна, аспирант кафедры «Тракторы, автомобили и теплоэнергетика», ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ.

440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30.

E-mail: penz_gau@mail.ru

Ключевые слова: дизель, топливо, масло, система, дизельное, смесевое, нефтяное, соевое.

Цель исследования – адаптировать автотракторный дизель к использованию дизельного смесевого топлива (ДСТ) с растительным компонентом в виде соевого масла. Приведены методика и результаты исследования основных физико-химических (плотность, вязкость, температура вспышки в закрытом тигле) и трибологических свойств ДСТ. Исследования физико-химических свойств проводились согласно ГОСТ 305-2013 на соответствующем оборудовании, прошедшем сертификацию, исследования трибологических свойств проводились на универсальном трибометре типа ТУ на четырехшариковом узле трения. Оценивались дизельное топливо, соевое масло и ДСТ. Концентрация соевого масла в ДСТ менялась от 0 до 100% по объему с шагом в 20%. Нагрузка, частота вращения шпинделя трибометра и материал деталей узла трения не изменялись. Исследовалась вязкость ДСТ и соевого масла при температурах 20⁰С (ГОСТ 305-218), 40 и 60⁰С (нормативами не предусмотрены) для определения оптимальной температуры подогрева смесевого топлива. С точки зрения повышения ресурса дизельной топливной аппаратуры рационально использование ДСТ с содержанием соевого масла 40% (по объему), однако его вязкость не удовлетворяет требованиям ГОСТ 305-2013. Установлено, что подогрев до 60⁰С ДСТ с содержанием соевого масла 40% позволяет уменьшить его вязкость до 4,82 мм²/с, что удовлетворяет требованиям ГОСТ 305-2013. Даны рекомендации по адаптации дизеля к использованию ДСТ. Перспективной схемой системы питания дизеля является двухконтурная система питания с подогревом ДСТ до 60⁰С.

ADAPTATION OF THE AUTOMOTIVE DIESEL ENGINE TO OPERATE ON SOY AND MINERAL FUEL

Volod'ko O. S., cand. of techn. sciences, associate professor, head of the department «Tractors and automobiles», FSBEI HE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinelsky, Uchebnaya, 2 str.

E-mail: tia_sci_ssaa@mail.ru

Bychenin A. P., cand. of techn. sciences, associate professor of the department «Tractors and automobiles», FSBEI HE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'sky, Uchebnaya, 2 str.

E-mail: tia_sci_ssaa@mail.ru

Erzamaev M. P., cand. of techn. sciences, associate professor of the department «Technical service», FSBEI HE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'sky, Uchebnaya, 2 str.

E-mail: tia_sci_ssaa@mail.ru

Ukhanova Yu. V., post-graduate student of the department «Tractors, automobiles and thermal energetic», FSBEI HE Penza SAU.

440014, Penza, Botanicheskaya, 30 str.

E-mail: penz_gau@mail.ru

Key words: diesel, fuel, oil, system, mixed, soy.

The purpose of the study is to adapt automotive diesel engine to the use of diesel mixed fuel (DMF) with a vegetable component in the form of soy oil. The methodology and results of the study of the main physicochemical (density, viscosity, flash point in a closed crucible) and tribological properties of the DMF are presented. Studies of the physicochemical properties were carried out according to GOST 305-2013 by means of the appropriate certified equipment, and the tribological properties were studied with TU type universal tribometer with a four-ball friction unit. The diesel fuel, soy oil and DMF was assessed. The concentration of soy oil in the DMF varied from 0 to 100% by volume with a step of 20%. The load, the frequency of tribometer spindle rotation and the material of the parts of the friction unit were not changed. The viscosity of the DMF and soy oil was studied at temperatures of 20°C (GOST 305-218), 40, and 60°C (not provided by the standards) in order to determine the optimum temperature for heating of the mixed fuel. From the point of view of increasing the life of diesel fuel equipment, it is rational to use DMF with a soy oil content of 40% (by volume), however, its viscosity does not meet the requirements of GOST 305-2013. It has been established that heating DMF with a soy oil content of 40% up to 60°C makes it possible to reduce its viscosity to 4.82 mm²/s, what meets the requirements of GOST 305-2013. Recommendations on diesel engine adaptation to use of DMF are given. A promising scheme of a diesel power system is a dual-circuit power system with heating of DMF up to 60°C.

Как известно, к моторным топливам биологического происхождения относится дизельное смесевое топливо (ДСТ), получаемое смешиванием стандартного нефтяного дизельного топлива (ДТ) и растительного масла в различных соотношениях. Однако при использовании ДСТ в двигателе, оснащённом типовой топливной системой разделенного типа, наблюдается не критичное снижение эффективной мощности (не более 5%) [1, 2], критичное повышение удельного эффективного расхода топлива (на 16-18%) [1, 2], затрудненный пуск дизеля в холодное время года, нарушение параметров топливоподачи (цикловая подача ДСТ, давление ДСТ в начале и конце нагнетательного топливопровода, давление впрыскивания ДСТ) [3] и условий организации рабочего процесса двигателя (смесеобразования, впрыскивания и сгорания). Перечисленные негативные последствия обусловлены не только различием показателей физико-химических и теплотворных свойств ДСТ и ДТ, но и видом растительного масла, а также его доли (массовой или объемной) в ДСТ.

Одним из перспективных растительных масел, используемых в качестве биокомпонента ДСТ, является соевое масло, производимое в России в больших объемах. Достаточно отметить, что в 2017 году его было произведено в РФ 679,5 тыс. тонн [4]. В таблице 1 приведены сведения по показателям физико-химических и теплотворных свойств соевого масла и нефтяного ДТ. Анализ данных этой таблицы показывает, что по таким показателям, как плотность (921 кг/м³), вязкость (62,566 мм²/с) и температура вспышки в закрытом тигле (115⁰С) соевое масло значительно отличается от требований ГОСТ 305-2013, предъявляемых к дизельному топливу. Однако, если в соевое масло добавить нефтяное ДТ, то указанные свойства полученного ДСТ, с точки зрения моторного топлива, начинают улучшаться, и по мере увеличения его доли показатели ДСТ приближаются к аналогичным показателям нефтяного ДТ.

Таким образом, можно утверждать, что сдерживающими факторами применения соевого масла в качестве биокомпонента ДСТ является повышенная вязкость и пониженная теплота сгорания. Однако следует отметить, что наличие свободного кислорода в молекулах жирных кислот соевого

масла, с одной стороны, снижает теплоту сгорания ДСТ, с другой – способствует улучшению процесса сгорания в цилиндрах дизеля. В то же время повышенная вязкость и пониженная теплота сгорания не являются непреодолимыми препятствиями для применения соево-минерального топлива в качестве моторного топлива в автотракторных дизелях, поскольку разработан ряд технических решений по их конструктивной адаптации.

Цель исследований – адаптировать автотракторный дизель к использованию ДСТ, растительным компонентом которого является соевое масло.

Задачи исследований: определить основные физико-химические свойства ДСТ; определить рациональный состав ДСТ; выявить свойство, оказывающее наибольшее влияние на процесс топливоподачи; определить способы адаптации дизеля к использованию ДСТ на основе соевого масла и предложить конструктивные изменения в штатной топливной системе дизеля.

Материалы и методы исследований. Для решения первой задачи определялись основные физико-химические свойства соевого масла и ДСТ на основе соевого масла для сравнения с нормативными значениями по ГОСТ 305-2013 «Топливо дизельное. Технические условия», а также со значениями аналогичных показателей товарного минерального дизельного топлива. Были определены: плотность топлива при 15⁰С, вязкость топлива при 20⁰С и температура вспышки в закрытом тигле. Проведены испытания на медную пластину, а также установлено содержание водорастворимых кислот и щелочей с использованием прибора SHATOX SX-300. Испытания проводились по стандартным методикам, рекомендованным ГОСТ 305-2013, на оборудовании, прошедшем соответствующую сертификацию. Испытаниям подвергались дизельное топливо летнее экологического класса К5 марки ДТ-Л-К5 (ДТ), соевое масло прямого холодного отжима (СМ), а также ДСТ с концентрациями соевого масла 20, 40, 60 и 80% по объему. Для решения второй задачи была проведена серия износных испытаний на универсальном трибометре типа ТУ. Улучшение противоизносных свойств ДСТ при наличии в них растительных компонентов (рапсового, рыжикового, льняного, масла крамбе и др.) подтверждено экспериментально [5, 6, 7, 8]. Как показали исследования, наибольшее значение имеют молекулы органических поверхностно-активных веществ – непредельных органических кислот, в значительных количествах содержащихся в соевом масле: олеиновой кислоты 25,28%, линолевой кислоты – 51,39% [9]. Однако эти же поверхностно-активные вещества при превышении некой равновесной концентрации могут вызвать повышенное изнашивание сопрягаемых деталей, особенно в условиях трения скольжения, сопровождаемого возникновением касательных напряжений, ввиду проявления явления адсорбционного понижения прочности (эффекта Ребиндера) [10]. В связи с этим оценка противоизносных свойств ДСТ имеет большое практическое значение и позволит определить максимальное содержание растительного компонента, рациональное с точки зрения повышения ресурса топливной аппаратуры. Испытаниям подвергалось товарное дизельное топливо, ДСТ с содержанием растительного компонента 20, 40, 60 и 80% по объему и соевое масло. Методика исследования: время опыта 900 с, частота вращения приводного вала

580 мин⁻¹, нагрузка 450±5 Н; схема работы – четырехшариковый узел трения; контролируемый параметр – средний диаметр пятна износа неподвижных шариков, мм. В каждом цикле испытаний использовались одни и те же шарики, которые выдерживались в испытываемой смазочной среде не менее одного часа. Начальная температура испытываемой среды составляла 25±0,5⁰С. В течение опыта температура испытываемой среды увеличивалась естественным образом в зависимости от условий трения. Внешний подогрев узла трения не применялся. Оценивался средний диаметр пятна износа, измеренный на трех неподвижных шариках в двух взаимоперпендикулярных направлениях на каждом. Измерения проводились на оптическом микроскопе МБС-1.

Для решения третьей задачи был проведен анализ физико-химических свойств ДСТ с рациональным содержанием растительного компонента, определенным при решении второй задачи. Среди этих свойств методом сравнения с нормативными значениями по ГОСТ 305-2013 и со значениями аналогичных свойств товарного дизельного минерального топлива было выявлено свойство, характеризующееся максимальным отклонением от нормативных значений. Также физико-химические свойства анализировались с точки зрения влияния на физический процесс топливоподачи в дизельном двигателе.

Для решения четвертой задачи была измерена кинематическая вязкость ДСТ при температурах 40 и 60°C. Вязкость измерялась по стандартной методике капиллярным вискозиметром согласно рекомендаций ГОСТ 305-2013. Анализ полученных графических зависимостей позволил выявить температуру, до которой необходимо подогреть ДСТ, чтобы привести его кинематическую вязкость в соответствие с требованиями ГОСТ 305-2013.

Для решения четвертой задачи был проведен анализ существующих схем двухтопливных систем питания дизельных двигателей, а также анализ существующих способов подогрева топлив. По результатам анализа были даны рекомендации по конструктивным особенностям системы питания автотракторного дизеля, адаптированного к использованию ДСТ.

Результаты исследований. Результаты оценки основных физико-химических свойств и эксплуатационных показателей соевого масла и ДСТ на основе соевого масла приведены в таблице 1. Анализ таблицы 1 показывает, что по таким показателям, как плотность, вязкость и температура вспышки к нормированным значениям по ГОСТ наиболее близко ДСТ с содержанием соевого масла 20% (по объему). При дальнейшем увеличении содержания растительного компонента плотность и вязкость возрастают. Так, плотность для ДСТ с содержанием соевого масла 20% превышает плотность товарного дизельного топлива всего на 2,6%; ДСТ с содержанием соевого масла 40% – на 4,7%; ДСТ с содержанием соевого масла 60% – на 6,6%; ДСТ с содержанием масла крамбе 80% – на 9,3%; соевого масла – на 10,8%. Таким образом, прослеживается прямо пропорциональная зависимость. Вязкость же изменяется по нелинейной зависимости: у топлива с содержанием соевого масла 20% вязкость на 18,8% выше значения, заданного ГОСТ 305-2013, а у топлива, содержащего 40% соевого масла, – уже на 93,9%. Вязкость соевого масла в 10,4 раза превышает допустимое значение. В связи с этим использование соевого масла и ДСТ с содержанием растительного компонента 40% (по объему) и выше в дизелях, оснащенных ТПА непосредственного действия, будет затруднено без применения дополнительных конструктивных элементов.

Таблица 1

Физико-химические и эксплуатационные показатели исследуемых образцов топлива и масла

Показатели	ГОСТ 305-2013	Товарное ДТ	ДСТ с содержанием соевого масла, %				Соевое масло
			20	40	60	80	
Плотность при 15°C, кг/м ³	820...845	831	852	870	886	909	921
Вязкость при 20°C, мм ² /с	3,0...6,0	4,026	7,126	11,633	20,436	35,632	62,566
Температура вспышки в закрытом тигле, °C	Выше 55	65	65	71	76	89	115
Испытание на медную пластинку	Класс 1	Класс 1	Класс 1	Класс 1	Класс 1	Класс 1	Класс 1
Содержание водорастворимых кислот и щелочей	-	Отсутствуют	Отсутствуют	Отсутствуют	Отсутствуют	Отсутствуют	Отсутствуют

В рамках решения второй задачи были проведены износные испытания на универсальном трибометре типа ТУ, результаты которых представлены в таблице 2. Графически полученная зависимость представлена на рисунке 1.

Таблица 2

Результаты трибологических исследований образцов топлива и соевого масла

№ опыта	Образцы топлива и соевого масла	№ шарика	d, мм	Размер пятна износа, d _{ср} , мм	Размер пятна износа, %
1	Товарное ДТ	1	0,31; 0,31	0,305	100
		2	0,30; 0,30		
		3	0,31; 0,30		
2	ДСТ с содержанием соевого масла, % : 20	1	0,25; 0,25	0,247	80,87
		2	0,25; 0,23		
		3	0,25; 0,25		
	40	1	0,24; 0,24	0,240	78,67
		2	0,26; 0,22		
		3	0,23; 0,25		
	60	1	0,26; 0,24	0,250	81,97
		2	0,25; 0,26		

		3	0,25; 0,24		
	80	1	0,26; 0,27	0,272	89,07
		2	0,27; 0,25		
		3	0,28; 0,30		
3	Соевое масло СМ	1	0,29; 0,28	0,301	98,9
		2	0,32; 0,31		
		3	0,31; 0,30		

Из анализа полученных данных можно сделать вывод, что средний диаметр пятна износа уменьшается при использовании ДСТ с содержанием соевого масла 20 и 40%. При дальнейшем увеличении концентрации соевого масла выявлено увеличение среднего диаметра пятна износа вследствие проявления эффекта адсорбционного понижения прочности контактирующих поверхностей, однако во всех случаях, включая соевое масло, средний диаметр пятна износа меньше, чем у товарного дизельного топлива.

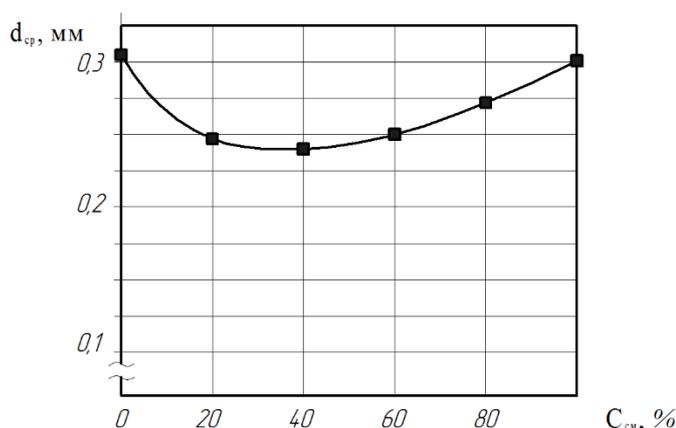


Рис. 1. Зависимость среднего диаметра пятна износа $d_{ср}$ (мм) от содержания соевого масла $C_{см}$ (%) в дизельном смесевом топливе

Таким образом, можно предположить, что в присутствии в составе ДСТ соевого масла имеет место процесс образования на поверхностях трения демпфирующего слоя органических ПАВ, препятствующего их изнашиванию. Наименьший диаметр пятна износа получен при содержании соевого масла 40%. Он составляет 0,240 мм, что на 21,33% меньше, чем у минерального дизельного топлива. Таким образом, с точки зрения увеличения ресурса топливной аппаратуры рационально использовать ДСТ с содержанием соевого масла 40% (по объему).

Однако анализ таблицы 1 показывает, что при таком содержании соевого масла ДСТ не удовлетворяет требованиям ГОСТ 305-2013 по значениям плотности и вязкости. При этом на процесс топливоподачи наибольшее влияние будет оказывать вязкость ДСТ, которая при содержании соевого масла 40% превышает допустимое значение на 93,9%. Плотность же увеличивается незначительно, и по сравнению с товарным дизельным топливом превышает аналогичный показатель всего на 4,7%. К тому же увеличение плотности ДСТ приведет к увеличению массы топлива в объеме, впрыскиваемом в камеру сгорания дизеля, поэтому данным фактором с точки зрения процесса топливоподачи можно пренебречь.

Изменить вязкость ДСТ можно при помощи внешнего воздействия, то есть путем его подогрева до поступления в камеру сгорания дизеля. Таким образом, в адаптированной к применению ДСТ на основе соевого масла дизельной ТА рационально использовать подогреватель либо смесевое топливо, либо его растительного компонента до смешивания.

Для проверки данной гипотезы были проведены исследования вязкости товарного дизельного топлива, ДСТ с содержанием соевого масла 20, 40, 60 и 80%, а также соевого масла при температурах 20, 40 и 60°C. Результаты исследований представлены в таблице 3 и на рисунке 2.

Таблица 3

Вязкость исследуемых образцов топлива и масла при различной температуре

Вязкость кинематическая	ГОСТ 305-2013	Товарное ДТ	ДСТ с содержанием соевого масла, %				Соевое масло
			20	40	60	80	
Вязкость при 20°С, мм ² /с	3,0...6,0	4,026	7,126	11,633	20,436	35,632	62,566
Вязкость при 40°С, мм ² /с	-	2,51	4,506	7,126	11,947	20,017	32,802
Вязкость при 60°С, мм ² /с	-	1,99	3,354	4,821	7,441	11,947	19,702

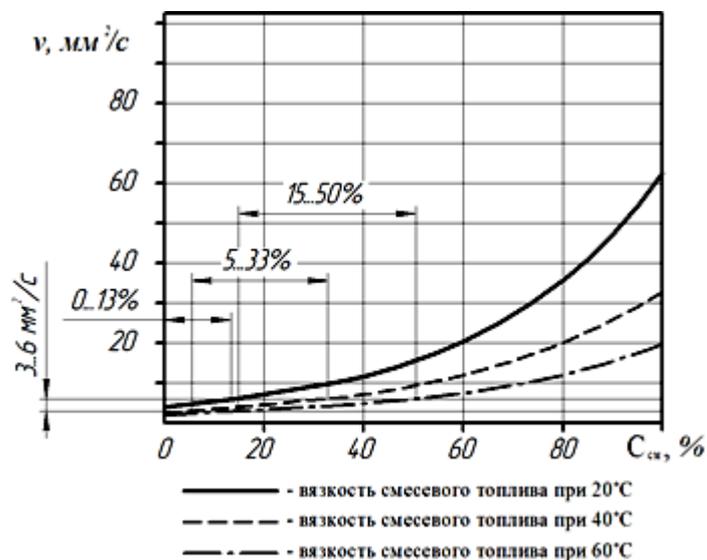


Рис. 2. Зависимость кинематической вязкости ν (мм²/с) дизельного смешанного топлива от содержания соевого масла $C_{см}$ (%) при различной температуре

Исследования показали, что для всех испытанных образцов справедливо следующее утверждение: с ростом температуры вязкость уменьшается по нелинейной зависимости. Так, например, для повышения ресурса дизельной ТА состава ДСТ, содержащего 40% соевого масла (по объему), необходим его подогрев до 60°С. В этом случае кинематическая вязкость составит 4,82 мм²/с, что удовлетворяет требованиям ГОСТ 305-2013. Таким образом, для решения четвертой задачи необходимо включить в схему адаптированной системы питания автотракторного дизеля подогреватель ДСТ или растительного масла.

Для определения оптимальной схемы системы питания автотракторного дизеля проведем анализ возможных вариантов структурных схем двухконтурных систем питания, представленных на рисунке 3.

Предпочтительной представляется система питания с подогревом ДСТ (рис. 3, а), которая хоть и требует наличия инфраструктуры для подготовки дизельного смешанного топлива, но является наиболее простой и дает возможность минимального вмешательства в конструкцию мобильного энергетического средства. Это является ее очевидным преимуществом перед схемой двухконтурной системы питания дизеля со смесителем и подогревом растительного компонента до смесителя (рис. 3, б). Во втором случае требуется специальный смеситель, который расходует мощность двигателя на его привод. В схеме с подогревом ДСТ после смесителя (рис. 3, в), кроме недостатков, присущих второму случаю, затруднены подача и дозирование растительного компонента в связи с его высокой вязкостью.

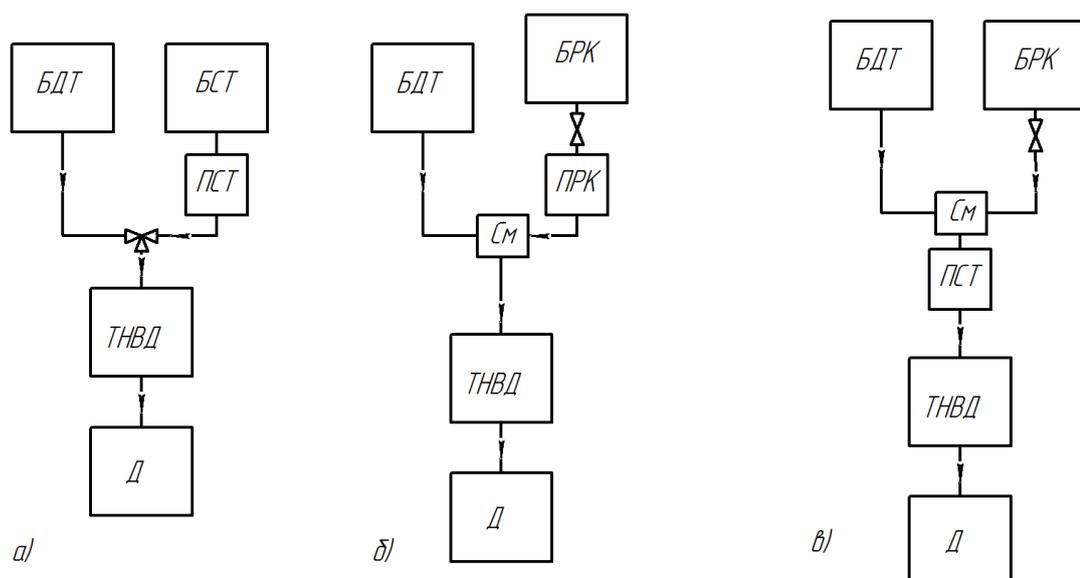


Рис. 3. Блок-схема двухконтурной системы питания дизеля:
 а – с подогревом ДСТ; б – с подогревом растительного компонента до смесителя; в – с подогревом ДСТ после смесителя; БДТ – бак дизельного топлива; БСТ – бак ДСТ; БРК – бак растительного компонента; ПСТ – подогреватель ДСТ; ПРК – подогреватель растительного компонента; См – смеситель компонентов топлива; ТНВД – топливный насос высокого давления; Д – дизель

Подогрев растительного компонента или ДСТ может осуществляться разными способами, например, электрическим подогревателем, запитанным от бортовой сети, либо теплообменником, утилизирующим тепло отработавших газов, либо комбинацией этих способов – до пуска и прогрева дизеля от электронагревателя, затем от отработавших газов в теплообменнике. Однако все эти способы требуют дальнейшего изучения, так как возникает проблема регулирования температуры подогрева ДСТ в зависимости от режима работы двигателя, который характеризуется определенным удельным и часовым расходом топлива.

Заключение. С точки зрения повышения ресурса дизельной топливной аппаратуры рационально использовать ДСТ с содержанием соевого масла 40% (по объему). Но такое топливо не удовлетворяет требованиям ГОСТ 305-2013 по вязкости, которая больше всего влияет на процесс топливоподачи дизеля. Также установлено, что подогрев ДСТ с содержанием соевого масла 40% до температуры 60⁰С позволяет уменьшить его вязкость до 4,82 мм²/с, что удовлетворяет требованиям ГОСТ 305-2013. Анализ компоновочных схем двухконтурных топливных систем дизелей показал, что наиболее эффективной является система питания с подогревом ДСТ.

Библиографический список

1. Санников, Д. А. Повышение эффективности использования почвообрабатывающих агрегатов при работе трактора на рапсовом масле : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Санников Дмитрий Александрович. – Красноярск, 2009. – С. 20.
2. Уханова, Ю. В. Результаты трибологических исследований минерально-соевого топлива / Ю. В. Уханова, С. В. Теплова, А. В. Андрианов [и др.] // Инновационные идеи молодых исследователей для АПК России : сб. материалов Международной НПК молодых ученых. – Пенза : РИО ПГАУ, 2018. – Том III. – С. 74-77.
3. Уханов, Д. А. Снижение износа плунжерных пар ТНВД применением смесового рапсово-минерального топлива : монография / Д. А. Уханов, А. П. Уханов, Е. Г. Ротанов, А. С. Аверьянов. – Пенза : РИО ПГАУ, 2017. – 212 с.
4. Auto Consulting Group. Маркетинговые исследования рынков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://alto-group.ru/otchot/marketing/430-rynok-masla-soevogo-tekushhaya-situaciya-i-prognoz-2015-2019-gg.html> (дата обращения: 25.08.2018).
5. Быченин, А. П. Влияние смесевых минерально-растительных топлив на ресурс прецизионных пар топливоподающей аппаратуры дизельных двигателей / А. П. Быченин, М. А. Быченина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – №3. – С. 54-59.

6. Болдашев, Г. И. Сравнительный анализ противоизносных свойств растительных масел / Г. И. Болдашев, А. П. Быченин, М. А. Быченина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Специальный выпуск «Актуальные проблемы трибологии». – Самара, 2015. – Т.15, №1. – С. 197-200.
7. Болдашев, Г. И. Влияние рыжикового масла на противоизносные свойства смесового топлива / Г. И. Болдашев, А. П. Быченин, М. А. Быченина, М. С. Приказчиков // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – №3. – С. 92-95.
8. Уханов, А. П. Показатели физико-химических, теплотворных, трибологических свойств масла крамбе абиссинской и дизельного смесового топлива / А. П. Уханов, О. С. Володько, А. П. Быченин, М. П. Ерзамаев // Нива Поволжья. – 2018. – №2. – С. 141-148.
9. Уханова, Ю. В. Сравнительная оценка свойств растительных масел, используемых в качестве биодобавки к нефтяному дизельному топливу / Ю. В. Уханова, А. А. Воскресенский, А. П. Уханов // Нива Поволжья. – 2017. – №2. – С. 98-105.
10. Быченин, А. П. Влияние олеиновой кислоты на трибологические свойства топлив для автотракторных дизелей / А. П. Быченин, О. С. Володько, М. П. Ерзамаев, Д. С. Сазонов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – №4. – С. 44-50.

Bibliography

1. Sannikov, D. A. Increase of use efficiency of soil-cultivating units during the work of the tractor on rape oil : candidate of Technical Sciences sciences dissertation author's abstract : 05.20.01 / Sannikov Dmitry Alexandrovich. – Krasnoyarsk, 2009. – P. 20.
2. Ukhanova, Yu. V. Results of tribological researches of mineral and soy fuel / Yu. V. Ukhanova, S. V. Teplova, A. V. Andrianov [et al.] // The Innovative ideas of young researchers for agrarian and industrial complex of Russia : collection of materials of the International academic and research conference of young scientists. – Penza : PC Penza SAU, 2018. – Vol. III. – P. 74-77.
3. Ukhanov, D. A. Decrease in wear of plunger couples of fuel pump use of mixed rape oil and mineral fuel : monograph / D. A. Ukhanov, A. P. Ukhanov, E. G. Rotanov, A. S. Averyanov. – Penza : PC Penza SAU, 2017. – 212 p.
4. Auto Consulting Group. Market researches of the markets [Electronic resource]. – Access mode: <http://alto-group.ru/otchet/marketing/430-rynok-masla-soevogo-tekushhaya-situaciya-i-prognoz-2015-2019-gg.html> (date accessed 25.08.2018).
5. Bychenin, A. P. Influence the mixed of mineral and vegetable fuels on a resource of precision pairs of fuel equipment of diesel engines / A. P. Bychenin, M. A. Bychenina // Bulletin of the Samara state agricultural academy. – 2013. – №3. – P. 54-59.
6. Boldashev, G. I. Comparative analysis of antiwear properties of vegetable oils / G. I. Boldashev, A. P. Bychenin, M. A. Bychenina // News of the Samara scientific center of the Russian Academy of Sciences. Special release «Actual problems of a tribology». – Samara, 2015. – Т.15, №1. – P. 197-200.
7. Boldashev, G. I. Influence of camelina oil on antiwear properties of mixed fuels / G. I. Boldashev, A. P. Bychenin, M. A. Bychenina, M. S. Prikazchikov // Bulletin of the Samara state agricultural academy. – 2015. – №3. – P. 92-95.
8. Ukhanov, A. P. The physico-chemical, caloric value, tribological properties of crambe abyssinian oil and diesel mixture fuels / A. P. Ukhanov, O. S. Volod'ko, A. P. Bychenin, M. P. Erzamaev // Niva Povolzhya. – 2018. – №2. – P. 141-148.
9. Ukhanova Yu. V. Comparative evaluation of the properties of vegetable oils used as bio additives to petroleum diesel fuel / Yu. V. Ukhanova, A. A. Voskresensky, A. P. Ukhonov // Niva Povolzhya. – 2017. – №2. – P. 98-105.
10. Bychenin, A. P. Influence of oleic acid for autotractor diesel fuel tribological properties / A. P. Bychenin, O. S. Volod'ko, M. P. Erzamaev, D. S. Sazonov // Bulletin Samara State Agricultural Academy. – 2017. – №4. – P. 44-50.