

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА МОТОРНЫХ ТОПЛИВ И МАСЕЛ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ КУБАНИ

RESEARCH OF QUALITY OF MOTOR FUELS AND OILS IN AGRICULTURAL PRODUCTION OF KUBAN

В.В. ВЕРБИЦКИЙ, к.т.н.

Кубанский государственный аграрный университет,
Краснодар, Россия, suhs@mail.ru

V.V. VERBITSKIY, PhD in Engineering

Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia, suhs@mail.ru

Качество топливно-смазочных материалов, применяемых в сельскохозяйственном производстве, изучалось с целью оценки влияния их свойств на работоспособность двигателя. При анализе бензина определялись следующие показатели качества: плотность, наличие механических примесей, содержание воды, кислотное число, наличие минеральных кислот и щелочей, фракционная разгонка топлива (определение температур начала кипения и выкипания 10 % топлива, 50 % топлива и 90 % топлива). При анализе свойств дизельного топлива определялись следующие показатели его качества: плотность, наличие механических примесей, содержание воды, температура вспышки, вязкость при 20 °С, наличие минеральных кислот и щелочей. Оценка качества моторных масел проводилась по следующим показателям: плотность, вязкость при температуре 50 °С, вязкость при температуре 100 °С, индекс вязкости, температура вспышки, наличие минеральных кислот и щелочей, механических примесей и воды, кислотное число. Наиболее часто отклоняющиеся от стандарта показатели качества бензина – это плотность, пусковые свойства, склонность к образованию летом паровых пробок в системе питания. Иногда к этому добавляется неполнота сгорания. Для дизельных топлив характерны следующие нарушения стандартных показателей качества: повышенное содержание фактических смол, пониженная вязкость и очень высокая (выше 100 °С) температура вспышки. Наиболее часто встречающимися показателями качества моторных масел, отклонение от нормы которых может привести к нарушению работы двигателя, являются: вязкость при 100 °С, индекс вязкости, кислая реакция, наличие воды, низкая температура вспышки. После оценки качества моторных масел установили наиболее часто встречающиеся причины нарушения работы двигателя. Большинство нарушений качества масел связано с его неправильным хранением или умышленным смешиванием его с более дешевыми компонентами.

Ключевые слова: бензин, дизельное топливо, моторное масло, износ, вязкость, температура вспышки.

The quality of fuel and lubricants used in agricultural production was studied in order to assess the effect of their properties on the performance of the engine. The analysis of gasoline determined the following quality indicators: density, presence of mechanical impurities, water content, acid number, the presence of mineral acids and alkalis, fractional distillation of fuel (determination of the boiling and boiling point of 10 % of fuel, 50 % of fuel and 90 % of fuel). When analyzing the properties of diesel fuel, the following indicators of its quality were determined: density, presence of mechanical impurities, water content, flash point, viscosity at 20 °C, presence of mineral acids and alkalis. The evaluation of the quality of motor oils was carried out according to the following parameters: density, viscosity at 50 °C, viscosity at 100 °C, viscosity index, flash point, presence of mineral acids and alkalis, mechanical impurities and water, acid number. The most often deviating from the standard of quality indicators of gasoline is the density, starting properties, the propensity to form in the summer of steam plugs in the power system. Sometimes this is accompanied by incompleteness of combustion. Diesel fuels are characterized by the following violations of standard quality indicators: high content of actual resins, reduced viscosity and very high (above 100 °C) flash point. The most common indicators of the quality of motor oils, the deviation from which can lead to a malfunction of the engine, are: viscosity at 100 °C, viscosity index, acid reaction, water availability, low flash point. After assessing the quality of motor oils, the most common causes of motor malfunction were identified. Most violations of the quality of oils are associated with its improper storage or deliberate mixing with cheaper components.

Keywords: gasoline, diesel fuel, engine oil, wear, viscosity, flash point.

Введение

В связи с высокой долей топливо-смазочных материалов в структуре себестоимости механизированных работ возрастает актуальность исследований, посвященных качеству нефтепродуктов, используемых в сельскохозяйственном производстве.

Цель исследования

Целью исследования является определение отклонения от стандарта отдельных показателей качества топливо-смазочных материалов и влияния этих отклонений на работу двигателя.

Материалы и методы исследования моторных топлив

В 2015–2017 гг. в Кубанском ГАУ по заявкам хозяйств проводилось исследование качества моторных топлив в сельскохозяйственном производстве. При анализе бензина определялись следующие показатели качества: плотность, наличие механических примесей, содержание воды, кислотное число, наличие минеральных кислот и щелочей, фракционная разгонка топлива (определение температур начала кипения и выкипания 10 % топлива, 50 % топлива и 90 % топлива). При анализе свойств дизельного топлива определялись следующие показатели его качества: плотность, наличие механических примесей, содержание воды, температура

вспышки, вязкость при 20 °С, наличие минеральных кислот и щелочей [1].

Результаты исследований бензинов представлены в табл. 1.

Анализы проводились по стандартной методике. Плотность определялась нефтенсиметрами, вязкость определялась вискозиметром ВПЖ-2, температура вспышки определялась в закрытом тигле, содержание воды – методом возгонки нефтепродукта с обезвоженным бензином с последующим отстаиванием в холодильнике. Кислотное число определялось спиртовой вытяжкой из бензина органических кислот с последующим титрованием децинормальным раствором едкого калия. Определение наличия в топлива минеральных кислот и щелочей производилось методом вытяжки их горячей водой с добавлением в водную фракцию соответствующего реактива. Содержание фактических смол находилось по диаметру кольцевого пятна после сжигания 1 мл топлива. Для фракционной разгонки бензина использовался аппарат ЛРН [2].

Результаты исследования бензинов

Во всех анализах отмечено отсутствие в бензинах механических примесей и воды.

Образец топлива № 1 имеет слишком легкий фракционный состав. Поскольку этот бензин использовался летом, вероятно образо-

Таблица 1

Результаты анализа качества бензина

№	Плотность, г/см ³	Кислотное число, мг/100 мл	Наличие минеральных кислот и щелочей	Фракционная разгонка, Т °С			
				0%	10%	50%	90%
1	0,705	2,4	щелочная реакция	40	53	98	165
2	0,725	2,7	щелочная реакция	39	58	103	170
3	0,727	0,9	щелочная реакция	55	79	104	145
4	0,720	0,9	щелочная реакция	54	76	102	147
5	0,724	0,9	щелочная реакция	54	76	102	147
6	0,745	2,8	нейтральная реакция	68	91	123	180
7	0,723	3,0	слабая щелочная реакция	48	70	114	178
8	0,770	3,0	слабая щелочная реакция	45	68	119	179
9	0,718	2,5	слабая щелочная реакция	39	57	97	165
10	0,705	3,0	слабая щелочная реакция	35	68	108	165
11	0,695	3,0	сильная щелочная реакция	35	48	70	190
12	0,740	3,0		35	51	96	165
13	0,720	2,4	сильная щелочная реакция	38	70	115	180
14	0,725	3,0	сильная щелочная реакция	42	75	120	185
15	0,720	3,0	сильная щелочная реакция	40	73	120	180
16	0,680	3,0	щелочная реакция	35	47	68	150

вание паровых пробок в системе питания. Паровые пробки возможны и в образце топлива № 2.

Образцы топлива № 3, 4 и 5 имеют плохие пусковые свойства. У образца топлива № 6 пусковые свойства очень плохие, можно предположить низкую технологию производства. Образцы топлива № 7, № 8, № 9 и № 10 удовлетворяют требованиям стандартов. Образец топлива № 11 отличается неполнотой сгорания. Образец топлива № 12 склонен к образованию паровых пробок. Образец топлива № 13 удовлетворяет требованиям стандартов. Образец топлива № 14 обеспечивает ухудшенный запуск и неполноту сгорания. Образец топлива № 15 удовлетворяет требованиям стандартов.

Образец топлива № 16 отличается непомерно высоким содержанием легких фракций и склонностью к образованию паровых пробок. Вероятна несовершенная технология производства.

Таким образом, из 16 образцов бензина, подвергшихся анализу, плотность соответствуют требованиям стандартов у 37,5 %, склонны к образованию паровых пробок 25 %, обеспечивают ухудшенный запуск 31 %, позволяют предположить несовершенную технологию производства 12,5 %, обеспечивают низкую приемистость двигателя 12,5 % и отличаются неполнотой сгорания 6 %. Некоторые образцы характеризуются одновременно двумя нарушениями стандартов [3], [4].

Результаты исследования дизельного топлива

В табл. 2 представлены результаты исследования дизельного топлива.

Во всех анализах отмечено отсутствие механических примесей и воды. По результатам этих анализов можно отметить следующее.

Образцы топлива № 1, 3, 5–7, 8 и 10 отличаются повышенным содержанием фактических смол. При анализе образцов № 5 и 8 не зафиксирована температура вспышки в процессе нагревания до 100 °С. Образцы топлива № 7 и 8 отличаются пониженной вязкостью.

Образцы топлива № 9–11 соответствуют стандартам.

Таким образом, из 11 испытанных образцов соответствуют стандартам 27 %, отличаются повышенным содержанием фактических смол 63 %, не зафиксирована температура вспышки у 18 %, имеют пониженную вязкость 18 % образцов топлива.

Результаты исследования моторных масел

Исследование качества моторных масел проводилось по заявкам сельскохозяйственных предприятий, причем часто существовала возможность выхода двигателя из строя по причине низкокачественного масла. Оценка качества моторных масел проводилась по следующим показателям: плотность, вязкость при температуре 50 °С, вязкость при температуре 100 °С,

Таблица 2

Результаты анализа качества дизельного топлива

№	Плотность, г/см ³	Вязкость, сСт	Содержание фактических смол, мг/100 мл	Температура вспышки, °С	Наличие минеральных кислот и щелочей
1	0,835	4,8	120	60	щелочная реакция
2	0,815	2,6	32	45	щелочная реакция
3	0,840	3,9	56	55	щелочная реакция
4	0,830	2,8	25	60	щелочная реакция
5	0,815	3,3	85	не установлена	щелочная реакция
6	0,845	5,1	85	72	слабая щелочная реакция
7	0,790	1,9	40	35	слабая щелочная реакция
8	0,790	1,6	70	не установлена	сильная щелочная реакция
9	0,825	3,8	25	65	щелочная реакция
10	0,840	4,2	40	70	щелочная реакция
11	0,830	4,0	30	75	щелочная реакция

индекс вязкости, температура вспышки, наличие минеральных кислот и щелочей, механических примесей и воды, кислотное число.

Для определения плотности масло смешивали с растворителем – дизельным топливом, плотность которого предварительно определялась нефтенденсиметром. После перемешивания смеси ее плотность определялась нефтенденсиметром, а плотность испытуемого масла определялась по формуле:

$$\rho_m = (2\rho_{см} - \rho_{дт}),$$

где ρ_m – плотность испытуемого масла; $\rho_{см}$ – плотность смеси; $\rho_{дт}$ – плотность дизельного топлива.

Кинематическую вязкость масла определяли капиллярным вискозиметром после его выдерживания в глицериновой бане – сначала при 50 °С, а затем при 100 °С. Величина вязкости при 100 °С указывается в марке масла, что позволяет проверить правильность маркировки. Зная кинематические вязкости масла при 50 °С и при 100 °С, можно по специальной номограмме определить индекс вязкости, который должен быть не менее 85 и обычно не более 130. Заниженное значение свидетельствует о плохих вязкостно-температурных свойствах, а завышенное – позволяет предположить наличие примеси.

Температура вспышки масла определялась в открытом тигле, куда вставлялся термометр.

Таблица 3

Результаты лабораторных исследований моторного масла

№	Заявленная марка масла	Показатели							
		Плотность, г/см ³	Вязкость при 50°С, сСт	Вязкость при 100°С, сСт	Индекс вязкости, сСт	Температура вспышки, °С	Кислая или щелочная реакция	Механические примеси	Наличие воды
1	М10Г _{2к}	0,875	20,8	6,0	130	151	слабая щелочная	мягкие отложения	следы
2	М10Г ₂	0,885	34,7	8,2	110	212	слабая щелочная	нет	следы
3	М10Г ₂	0,885	38,7	8,9	110	208	сильная щелочная	нет	следы
4	М10Г ₂	0,880	59,5	10,9	98	220	слабая щелочная	нет	следы
5	М10Г ₂	0,880	59,4	10,1	80	210	сильная щелочная	мягкие отложения	следы
6	М10Г ₂	0,870	58,0	11,5	110	190	слабая щелочная		следы
7	М10Г ₂	0,885	58,5	10,5	90	188	сильная щелочная	нет	0,25%
8	М10Г ₂	0,885	41,2	9,8	130	225	сильная щелочная	нет	0,12%
9	М10Г ₂	0,880	55,7	10,9	105	225	слабая щелочная	нет	следы
10	М10Г ₂	0,890	55,6	10,8	105	210	сильная щелочная	нет	0,05%
11	-	0,900	35,0	18,0	110	180	сильная щелочная	нет	следы
12	ДЗ-30	0,880	50,3	12,6	145	225	нейтральная	нет	следы
13	М8Г ₂	0,880	36,0	8,3	110	187	слабая кислая	нет	следы
14	М8Г ₂	0,870	37,0	9,2	130	172	слабая кислая	нет	следы
15	М8Г ₂	0,875	48,9	12,9	160	180	слабая щелочная	нет	следы

Чем ниже температура вспышки масла, тем оно хуже. Такое масло не только сильно выгорает, но и препятствует образованию масляной пленки на деталях двигателя, что интенсифицирует износ. Для определения наличия в масле минеральных кислот и щелочей образец масла смешивали с горячей водой в делительной воронке, встряхивали смесь, а после отстоя водный слой сливали в две пробирки, куда добавляли соответствующие индикаторы – фенолфталеин и метилоранж.

Для установления кислотного числа масла, характеризующего содержание в нем органических кислот, эти кислоты извлекались кипящим спиртом и после добавления индикатора при

титровании определялось количество капель едкого калия, необходимого для нейтрализации извлеченных из масла органических кислот. Кислотное число не должно превышать 3 мг на 1 г масла. Повышенное его значение означает возможность интенсивного разрушения цветных металлов, особенно вкладышей в подшипниках. В определенных условиях возможно также образование гелей, закупоривающих масляные магистрали.

Результаты испытаний 15 образцов масла представлены в табл. 3.

Плотность моторного масла в 11 образцах составила 0,875...0,880 г/см³, в двух образцах – 0,870 г/см³ и еще в двух – 0,890 и 0,900 г/см³.

Таблица 4

Причины возможных или действительных неисправностей двигателя, установленные на основании анализов моторного масла

№	Неисправность двигателя	Характер отклонения от нормы показателя качества масла и его влияние на работу двигателя
1	-	Дизельное топливо в масле. Анализируемый нефтепродукт не является маслом М10Г _{2к}
2	Проворот вкладышей	Вязкость ниже нормы, что ослабляет несущую способность масляного клина, особенно при перегреве
3	Проворот вкладышей	Вязкость ниже нормы, что ослабляет несущую способность масляного клина, особенно при перегреве
4	Полосы на вкладышах	Замечаний к качеству масла нет
5	Вкладыши приварились к коленвалу	Несоответствие марки масла условиям эксплуатации зимой. Образование желеобразной массы в масле.
6	-	Температура вспышки ниже нормы, что препятствует созданию масляной пленки.
7	-	Гидролиз присадок, расслаивание масла, что вызвано попаданием дизельного топлива
8	-	Частичный гидролиз присадок
9	Разрушение вкладышей	Замечаний к качеству масла нет, причины разрушения связаны с самим двигателем
10	Металлические частицы в двигателе	Повышенный износ вызван низкой температурой вспышки
11	-	Попадание дизельного топлива в масло сделало его непригодным к использованию
12	-	Масло пригодно для использования в импортном двигателе с турбонаддувом
13	-	Снижение температуры вспышки сделало масло непригодным к использованию
14	-	Снижение температуры вспышки сделало масло непригодным к использованию
15	-	Снижение температуры вспышки сделало масло непригодным к использованию

Таким образом, изменение величины плотности масла не было значительным.

Вязкость масла изменялась в широких пределах, что может свидетельствовать:

- об отклонении данных сертификата от фактических значений;
- об отклонениях в технологии изготовления;
- о разбавлении масла более дешевыми компонентами.

Индекс вязкости всех, кроме одного, анализированных масел был в норме.

Таким образом, наиболее часто встречающимися показателями качества моторных масел, отклонение от нормы которых может привести к нарушению работы двигателя, являются:

- вязкость при 100 °С – 4 анализа,
- индекс вязкости – 1 анализ,
- кислая реакция – 1 анализ,
- наличие воды – 4 анализа,
- низкая температура вспышки – 4 анализа.

В табл. 4 указаны последствия использования некондиционных масел.

Выводы

1. Наиболее часто отклоняющиеся от стандарта показатели качества бензина – это плотность, пусковые свойства, склонность к образованию летом паровых пробок в системе питания. Иногда к этому добавляется неполнота сгорания. Для дизельных топлив характерны следующие нарушения стандартных показателей качества: повышенное содержание фактических смол, пониженная вязкость и очень высокая (выше 100 °С) температура вспышки.

Возможных причин таких нарушений качества моторных топлив две: кустарная технология производства и (наиболее вероятно) фальсификация моторных топлив путем добавления в них дешевых компонентов на заправках. Из этого следуют рекомендации:

- принять нормативный акт о лишении лицензий на право торговли организаций, фальсифицирующих моторные топлива и масла;
- создать краевую лабораторию для анализа качества нефтепродуктов;
- организовать подготовку специалистов среднего звена по рациональному использованию и анализу качества нефтепродуктов.

2. Большинство нарушений качества масел связано с его неправильным хранением или умышленным смешиванием его с более дешевыми компонентами. Необходимо усиление внешнего контроля за качеством поставляемого масла, а также рациональная организация нефтехозяйства предприятий.

Литература

1. Григорьев М.А., Бунаков Б.М., Долецкий В.А. Качество моторных масел и надежность двигателей. М.: Издательство стандартов, 1981. 232 с.
2. Кузнецов А.В. Топливо и смазочные материалы. М.: Колос, 2007. 199 с.
3. Курасов В.С., Вербицкий В.В. Топливо, смазочные материалы. Краснодар: КГАУ, 2013. 81 с.
4. Кайгородова Е.А. и др. Химия топливо-смазочных материалов. Учебное пособие. Краснодар: КубГАУ, 2008. 156 с.
5. Ногин Б.А., Бутков П.П. Экономия горюче-смазочных материалов. М.: Вузовская книга, 2004. 220 с.
6. Остриков В.В., Нагорнов С.А., Клейменов О.А. и др. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости. Тамбов: Изд-во Тамбовского гос. техн. ун-та, 2008. 304 с.

References

1. Grigor'ev M.A., Bunakov B.M., Doletskiy V.A. Kachestvo motornykh masel i nadezhnost' dvigateley [Quality of engine oils and engine reliability]. Moscow: Izdatel'stvo standartov Publ., 1981. 232 p.
2. Kuznetsov A.V. Topливо i smazochnye materialy [Fuel and lubricants]. Moscow: Kolos Publ., 2007. 199 p.
3. Kurasov V.S., Verbitskiy V.V. Topливо, smazochnye materialy [Fuel, lubricants]. Krasnodar: KGAU Publ., 2013. 81 p.
4. Kaygorodova E.A. i dr. Khimiya toplivo-smazochnykh materialov [Chemistry of fuels and lubricants]. Krasnodar: KubGAU Publ., 2008. 156 p.
5. Nogin B.A., Butkov P.P. Ekonomiya goryuche-smazochnykh materialov [Saving of fuels and lubricants]. Moscow: Vuzovskaya kniga Publ., 2004. 220 p.
6. Ostrikov V.V., Nagornov S.A., Kleymenov O.A. i dr. Topливо, smazochnye materialy i tekhnicheskie zhidkosti [Fuel, lubricants and technical fluids]. Tambov: Izd-vo Tambovskogo gos. tekhn. un-ta Publ., 2008. 304 p.